# *Inaugurazione*

# *del CLIX Anno acc. 1941-42*

*della*

# *Reale Accademia delle Scienze*

# *di Torino*

13 DICEMBRE 1941-XX

TORINO
R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE
1942-XX

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA
Legato Anselmi
OA. - b
169

# *Inaugurazione*

# *del CLIX Anno acc. 1941-42*

*della*

# *Reale Accademia delle Scienze*

# *di Torino*

13 DICEMBRE 1941-XX

TORINO
R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE
1942-XX

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA

Torino — Tipografia VINCENZO BONA - Via Mario Gioda, 3 — 1912-XX (20660).

# Adunanza solenne del 13 Dicembre 1941 (XX).

L'adunanza solenne, per l'inaugurazione del CLIX anno accademico 1941-42, si apre alle ore 16 nel salone maggiore.

Sono presenti: l'Em.mo Sig. Cardinale MAURILIO FOSSATI, Arcivescovo di Torino, l'Ecc. March. di SUNI, Prefetto di Torino, il Rappresentante del Segretario Federale, il Comm. BONINO, Podestà di Torino, il Prof. Azzo AZZI, Rettore della R. Università, i Rappresentanti degli Alti Comandi Militari e della Magistratura; il R. Provveditore agli Studi Prof. LAGOMAGGIORE, i Senatori ANSELMI, CIAN, DI REBAUDENGO, DI ROVASENDA, GIOVARA, MARRO, MATTIROLO, QUILICO, SILVESTRI, SOMIGLIANA; i rappresentanti delle Accademie e Scuole Militari di Torino, e delle consorelle Accademie di Agricoltura, Medicina e Filarmonica, delle Sovrintendenze delle Antichità, delle Arti e Bibliografica, dell'Istituto di Cultura Fascista e di altre Associazioni culturali, nonchè personalità del mondo culturale e delle Scuole superiori cittadine.

Hanno inviato le loro adesioni l'Ecc. Prof. VALLAURI, i Senatori AGNELLI e TOURNON, il Gen. FUSCO, Comandante il gruppo U.N.U.C.I., il conte DE LA FOREST DE DIVONNE Vice Presidente della Cassa di Risparmio di Torino, ed altri.

Dell'Accademia, oltre il Presidente Prof. PANETTI, sono presenti numerosi Soci nazionali e corrispondenti delle due Classi.

Il Presidente, dopo aver ringraziato le autorità ed i presenti, legge la sua relazione, indi, in nome di S. M. il Re ed Imperatore dichiara aperto l'anno accademico.

Egli dà poi la parola al Socio nazionale Prof. Giuseppe ALBENGA che pronuncia il suo discorso su « La navigazione interna un tempo ed oggi ».

La relazione del Presidente ed il discorso del Socio ALBENGA sono riportati più oltre e negli *Atti* dell'Accademia.

Le Autorità ed il pubblico accolgono con plauso la relazione ed il discorso, esprimendo il loro compiacimento, e si accomiatano dalla Presidenza.

*Gli Accademici Segretari*
ADOLFO FAGGI
ELIGIO PERUCCA.

# Relazione del Presidente Prof. Modesto Panetti sull'attività accademica nell'anno 1940-41.

La solenne austerità di questa antica sede, nella quale la Reale Accademia delle Scienze di Torino inaugura oggi il 159° anno della sua attività, sembra in antitesi col fiammeggiante aspetto della guerra, che ha raggiunto i più lontani confini del mondo, mentre l'Italia ne regge, con animo indomito, il peso; conscia delle ragioni supreme, che tanti sacrifici giustificano, fiduciosa di raggiungere, con la vittoria, il suo posto di avanguardia fra i popoli.

E tuttavia in nessun periodo storico il progresso scientifico, fine supremo di questo Istituto, fu, più di oggi, intimamente legato con le vicende delle Nazioni in armi, per la preparazione dei mezzi che la lotta esige; come sarà, indubbiamente, domani per una pronta rinnovazione delle strutture economiche e sociali della Patria.

I legami fra scienza e vita, fra pensiero ed azione, sempre essenziali e fecondi, lo sono, nel più alto grado, nelle ore decisive, le quali esigono che ciascuno si trovi al proprio posto, per operare con ogni energia nel compito che alla sua preparazione compete.

L'Accademia di Torino ne è perfettamente conscia. Essa ricorda che la disciplina è tradizione mai smentita della sua storia, particella della storia del forte Piemonte; e se ne è fatto un programma, che riafferma nell'ora presente. In questa ora

essa rinnova, con fedeltà immutata, il suo fervido omaggio alla Maestà del Re e Imperatore, erede delle virtù e della gloria dei Principi Sabaudi, fondatori del Sodalizio Torinese; mentre al Duce, che nel fortunoso sviluppo degli eventi sa discernere con occhio sicuro la strada che conduce alla meta agognata, innalza, con perfetta fede, il suo pensiero.

Ai combattenti che dai gelidi territori della Russia alla Libia torrida, l'una e l'altra consacrate da antichi olocausti dei soldati del Piemonte e d'Italia, marcianti oggi, come un tempo, sulle insanguinate vie della storia, per la grandezza della Patria, si volge l'animo nostro, palpitante di riconoscenza. Fra di essi quelli che sacrificarono le loro giovani vite, sono i caduti che, prima di ogni altro, dobbiamo commemorare.

Dopo di loro l'animo memore si rivolge ai Soci, che la morte ha strappato alla nostra famiglia, per evocarli non solo nel rimpianto, ma, sopra tutto, nel desiderio di onorarne la memoria, ricercandone l'opera come insegnamento e incitamento nostro. Tre cospicue figure dobbiamo ricordare fra i Soci nazionali: l'Eccellenza Camillo Guidi maestro principe della Ingegneria, che, con le sue ricerche personali e con la sua Scuola feconda presso il Politecnico di Torino, diede un poderoso impulso al progresso della Scienza delle costruzioni, registrando negli *Atti* e nelle *Memorie* della nostra Accademia, per un cinquantennio, i risultati della sua incessante attività.

Il Senatore Gaetano Mosca, l'insigne storico delle dottrine politiche, che nell'Università di Torino, in quella di Roma, e nelle Camere legislative onorò col prestigio della sua grande cultura le alte cariche successivamente occupate.

Il prof. Luigi Mascarelli, che ritenevamo di poter oggi incontrare qui fra i camerati e consoci, e ieri, inattesamente, abbiamo saputo estinto, mentre la fiducia del Ministro, confermando l'alta stima dei Colleghi, lo aveva chiamato dalla presidenza della Chimica farmaceutica a quella della Chimica generale, instaurata, su più larghe basi, con recente riforma.

Fra i Soci stranieri John Joseph Thomson l'illustre decano della Università di Cambridge.

Fra i Soci corrispondenti: il sommo fisiologo Eccellenza Filippo Bottazzi, i due maestri del diritto Giuseppe Brini di Bologna e Luigi Rossi di Roma, ed i senatori Adolfo Venturi, professore di storia dell'arte, e Michele Barbi, che illustrò con originalità di pensiero la cattedra di letteratura Italiana dell'Università di Firenze, consacrandola allo studio dell'opera Dantesca.

Nuove nomine hanno colmato parzialmente i posti vacanti: Quali Soci stranieri della Classe di Scienze Morali sono stati chiamati due amici d'Italia:

Charles Gilliard, professore di storia della Università di Losanna, e Albert Erich Brinckmann, professore di storia dell'arte a Francoforte sul Meno, ricercatore geniale delle origini e dei caratteri dell'arte barocca, che ha particolarmente brillato nella nostra terra piemontese.

Pure nella Classe di Scienze morali i voti dei Colleghi, convalidati dalla approvazione del Ministro, hanno chiamato fra noi come Soci corrispondenti Pantaleo Carabellese, studioso insigne della Scuola Kantiana ed Emilio Albertario, cultore profondo del diritto romano, entrambi della Università di Roma.

Non è compito della Relazione annuale ricercare le attività dei Soci, estranee alla Accademia; ma una eccezione deve essere fatta per ricordare che l'altissima carica di Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche è stata affidata all'Eccellenza Vallauri nostro Socio Nazionale.

L'arduo mandato non poteva venire conferito a più sicura competenza, nè a più perfetta e completa preparazione; e l'Istituto, che deve coordinare e dirigere le indagini scientifiche della Nazione, ha un Capo degno del suo grandioso programma.

## *Attività dell'Accademia:*
## *Classe di Scienze morali, storiche e filologiche.*

Multiforme e geniale è stata la produzione scientifica dell'anno trascorso, che occupò più di 1000 pagine dei nostri *Atti*, oltre a 7 poderose *Memorie*. Essa può solo fugacemente ed incompletamente venire illustrata in questi rapidi accenni.

Volendo tuttavia segnalare qualche carattere saliente di questa poderosa attività, che le 30 adunanze ordinarie hanno raccolto, possiamo dire che una cospicua parte della produzione della Classe di Scienze morali è stata quest'anno dedicata alla critica storica e letteraria, condotta con la particolare preoccupazione di ricercare, nelle opere e negli avvenimenti commentati, le ragioni intime dei loro sviluppi: filosofia della storia dunque, e filosofia della letteratura.

Quando Vittorio Cian in una rapida rassegna dei connotati del Rinascimento Italiano mette in luce, come predominante, il carattere dell'individualismo, che spicca in tutte le manifestazioni della vita e dell'arte smagliante di quel periodo, e si eleva a proto-tipo nella figura bizzarra del Cellini; quando Lionello Vincenti, in un quadro vasto, comprensivo e meditato della produzione drammatica del Grillparzer cerca nella natura del poeta, e nei caratteri del periodo storico a cui appartenne, le ragioni dei trapassi violenti della sua Medea; e Adolfo Faggi commenta alcuni canti della *Commedia* dantesca, ricercandone i motivi razionali; e Bartolomeo Calvi illustra le liriche di Ivan Cankar, indagandone i moventi nella coscienza etica dello scrittore, chiaro appare che la preoccupazione del critico, più che estetica, è filosofica.

Ed è singolare commento a questo indirizzo la nota di Arturo Carlo Jemolo sulle cause e le necessità della storia, per l'arguto scetticismo, che lo conduce a contraddire quasi alla sua tesi; rilevando che la scienza è troppo facilmente fallace sull'assegnazione delle ragioni morali e delle influenze determinatrici degli avvenimenti umani, non esclusa la politica economica, costretta a ridurre a schemi le individualità; operanti spesso per effetto di impulsi determinatori personali e morali.

Del resto non hanno fatto difetto indagini erudite di contenuto esclusivamente storico, come quelle di Francesco Cognasso sulle pergamene di Sant'Anastasio di Asti e sul Colloquio di Vignale, pagina tragica della storia del nostro Risorgimento, di cui egli è maestro; e di Alfio Rosario Natale sulle relazioni fra il Ducato di Milano e il Regno di Castiglia, nel

periodo oscuro della Storia di Spagna, che culmina col regno di Enrico IV l'impotente. Come non hanno fatto difetto saggi di critica estetica, alla quale appartiene la nota di Ferdinando Neri, così fine nella sensibilità di rilievo delle analogie fra l'opera poetica del Chrétien de Troyes ed i suoi contemporanei, e quella di Goffredo Bendinelli sulla esatta interpretazione di pitture pompeiane, che l'Autore analizza con sicura critica d'arte.

Alle scienze giuridiche porta un nuovo contributo Carlo Arnò, il maestro del diritto Romano, in uno studio laborioso sulla proprietà delle merci abbandonate, sul quale i giudizi delle due opposte Scuole sono, con sottile critica, esaminati.

Finalmente una bella manifestazione di attività della Classe è stata quella delle recensioni delle opere presentate in omaggio, che alcuni Soci hanno redatto con larghezza di trattazione, e, non di rado, con felice spirito integrativo delle pubblicazioni prese in esame. Così, i verbali delle sedute hanno acquistato un interesse di primo piano, come commenti vivi ed aggiornati della produzione storica e letteraria contemporanea. Particolarmente attivo in questo compito il Solari, col suo amplissimo commento alla Storia di Bergamo e dei Bergamaschi, scritta da Bortolo Belotti; commento ricco di nuovi elementi informativi e critici sul vasto tema. Pure del Solari la recensione dell'opera di Cabral de Moncada sull'illuminista portoghese Luigi Antonio Verney, e la discussione di critica storica, di cui gli offrì occasione la presentazione del saggio di Gerolamo Cazzaniga sul giansenista toscano Antonino Baldovinetti.

Tre memorie di lunga lena segnano poi il contributo della Classe di Scienze morali al 70° tomo di questa nostra speciale pubblicazione.

In una di esse Alberto Magnaghi, continuando la sua brillante attività di strenuo assertore delle glorie degli esploratori Italiani, nell'epoca delle grandi scoperte, rivendica ad Amerigo Vespucci il vanto di primo scopritore del Brasile nel viaggio compiuto fra il maggio 1499 e il giugno 1500, che il navigatore Fiorentino narra nella sua lettera a Paolo Francesco de Medici, documento autentico del codice Riccardiano.

L'arguta polemica del Magnaghi ne prende occasione per una revisione critica degli apprezzamenti degli storici portoghesi, indotti da esagerato nazionalismo ad una denigrazione partigiana dei meriti del Vespucci.

Le altre due memorie sono quella economico-statistica del Repaci sulla teoria e pratica del giuoco del lotto in Italia negli ultimi tre quarti di secolo dalla sua istituzione e quella di Federico Olivero sul poemetto *Guthlac* in antica lingua anglosassone.

*Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali.*

La produzione della Classe di Scienze fisiche presenta, anche quest'anno, nella raccolta degli *Atti* e nelle *Memorie* una bella varietà di trattazioni dei problemi di avanguardia nello studio delle leggi naturali.

Nel campo matematico puro un gruppo di ricerche riguarda le trasformazioni delle funzioni: esso comprende la nota di Francesco Tricomi, con la quale l'autore espone, nel quadro dell'analisi astratta, il principio fecondo del ciclo chiuso del Volterra, fondamentale per la interpretazione dei fenomeni fisici detti ereditari. Altre trasformazioni di funzioni sono state studiate da Eugenio Frola e dal Feldheim; mentre, col fine di preparare utili elementi per il calcolo numerico, nei riguardi dei polinomi di Laguerre e di Hermite, il Tricomi stesso e Letterio Toscano hanno elaborato formole di utile impiego.

Un altro gruppo di note, affini alle precedenti per la prevalenza dello strumento analitico, sono quelle di Maria Cinquini Cibrario sul problema di Dirichlet in dominii infiniti, di cui sono ben note le vaste applicazioni ai quesiti della fisica matematica; e, con più decisa finalità meccanica, la memoria di Cataldo Agostinelli sul moto assintotico degli $n + 1$ corpi e la sua nota sui movimenti particolari di un mezzo continuo disgregato, soggetto esclusivamente alla gravitazione propria, già trattati dal Levi Civita e dal Cisotti in casi meno generali; nonchè quella del Possio sul campo di velocità creato da un vortice in un fluido pesante a superficie libera.

Il pensiero del lettore corre con l'uno al problema cosmico, al quale l'Agostinelli, da qualche tempo, dedica la sua feconda attività; mentre dall'altro siamo condotti ad una interessante indagine del funzionamento dell'ala idroplana, che, per effetto del peso del fluido e del limitato battente idraulico a cui è soggetta, si differenzia dal problema dell'ala nell'atmosfera illimitata, presentando, oltre alla azione portante, una resistenza del tipo di quella provocata dai fenomeni marginali, anche nella ipotesi dell'aletta estesa indefinitamente in direzione trasversale al movimento.

Nel campo della teoria dell'elasticità, accanto alla trattazione matematica del problema del diedro svolta in una laboriosa memoria, fino alle ultime deduzioni numeriche, da Fabio Conforto, valoroso collaboratore dell'Istituto nazionale per la applicazione del calcolo, si notano la ricerca sui sistemi a elasticità imperfetta di Pietro Locatelli, quella sulla teoria non lineare della elasticità di Placido Cicala, e quella sul problema generale del comportamento dei corpi plastici di Bruno Finzi, brillante dimostrazione della sensibilità di questi giovani ricercatori alla evoluzione della scienza, che si occupa del modo di resistere dei corpi reali, evoluzione (intendo dire) verso una aderenza sempre più perfetta ai fenomeni fisici.

Allo studio delle vibrazioni, del quale le scienze tecniche tanto ampiamente si valgono e tanto seriamente si preoccupano, ha portato un contributo Vincenzo Odone, trattando il caso della sbarra elastica, tenuta in vibrazione dalle sue azioni di massa, in conseguenza di moti oscillanti del vincolo, ciò con finalità di controllo dei moti stessi.

Nello stesso campo, e con larga visione dei quesiti interessanti le costruzioni aeronautiche, il Cicala ha precisato, in uno studio di confronto sulle varie teorie delle vibrazioni delle ali di allungamento finito, che gli è famigliare, i gradi di approssimazione delle soluzioni date finora al problema, riducendo gli elementi determinatori del fenomeno aerodinamico ad uno schema unico.

Ciò gli permise di concludere che i difetti di precisione non sono eliminati, neppure dalle più recenti trattazioni, e di proporre una forma semplificata della equazione risolvente, nella quale il termine dipendente dalla frequenza del moto oscillatorio è isolato dagli altri; sicchè riesce meno ardua la risoluzione di qualche caso particolare.

Alle teorie relative al comportamento dei corpi elastici e delle masse disgregate si collegano, nell'interesse tecnico, i controlli sperimentali del Donato sulla resistenza al carico di punta, e quelli di Vittorio Zignoli sulle pressioni esercitate dagli ammassi di grano contro le pareti verticali delle celle di deposito.

Altri problemi delle scienze sperimentali nel campo più decisamente caratteristico della Fisica sono stati affrontati dal Perucca col suo dilatometro compensato a lettura diretta, dal Deaglio con la misura assoluta del fattore di riflessione e da Cecilia Venturello Brigatti con la conduzione elettrica nei cristalli lungo un asse polare, già discussa nei nostri *Atti* gli anni precedenti.

Finalmente, ai grandi quesiti della fisica moderna reca un interessante contributo Dalla Porta, trattando come conseguenza delle reazioni termonucleari nelle stelle, il problema controverso della origine della energia da esse irradiate. Accettando la ipotesi che la attribuisce alle disintegrazioni della materia, conseguenza dell'alta temperatura, provocata nelle zone centrali della loro massa, ove, per effetto di gravitazione, regna altissima la pressione, l'Autore riesce a dimostrare la prevalenza del ciclo carbonio-azoto sul fenomeno indicato.

Completano questo quadro delle scienze fisiche i rendiconti dell'Osservatorio astronomico e quelli dell'Osservatorio meteorologico dell'Università di Torino, che periodicamente vengono inseriti nei nostri *Atti*.

Nel campo della Chimica, accanto alla continuazione delle ricerche sul bifenile del compianto Mascarelli e dei suoi collaboratori, notiamo, per la loro attualità, due ricerche di metallurgia e metallografia: una del Zoja sugli acciai autarchici al cromo senza nichelio, dalla quale risulta che, riducendo il tenore

in manganese, si esalta la tenacità del metallo; l'altra di Giovanni Venturello sulle proprietà termiche e röntgenografiche del sistema berillio-ferro e manganese-ferro; nonchè, per opera ancora del Venturello, la esposizione di un procedimento rivelatore delle piccolissime dosi di magnesio, con la colorazione di adatte soluzioni.

Finalmente, nel campo delle Scienze Naturali Federico Sacco, sempre attivo scientificamente in tutti i campi di attualità, come in quelli classici di paleontologia, ha scritto una bella nota sulle origini e le ricerche del metano, il carburante autarchico della guerra, ed un'altra ha dedicato allo studio delle impronte raggiate negli scisti verrucani, dimostrandone l'origine vegetale da una pianta palustre; mentre ha dettato una poderosa memoria sullo schema orogenico della Terra.

Nel campo della Botanica, e sul tema suggestivo della immunità nei vegetali, il Cappelletti svolge una acuta disamina sulle differenze profonde che il problema presenta rispetto alla immunologia del regno animale, in quanto la capacità di reagire agli agenti della infezione, più che dalla creazione di anticorpi, procede dal vigore degli stessi principi vegetativi.

Sono state così raggruppate le trattazioni con riferimento ai vari rami delle Scienze fisiche e naturali, senza distinzione fra *Atti* e *Memorie*, col fine di far meglio apparire la portata delle ricerche dell'Accademia in questi studi, che sono, al tempo stesso, strumento dell'umano progresso e palestra educatrice del pensiero.

La prima loro finalità, più appariscente nelle scienze applicate, meno evidente all'occhio del profano nelle discipline astratte, non è mai totalmente disgiunta dal travaglio della indagine pura.

*Veritas et utilitas* è di fatto il motto del nostro suggello, e lo è giustamente, poichè la conoscenza dei fenomeni naturali è il presupposto necessario al dominio sul mondo fisico.

Ma più alta e più nobile è la funzione di queste ricerche operanti sul nostro intelletto come palestra, che ne affina le facoltà induttive e deduttive, e le foggia sulle occulte ar-

monie della natura, che un Ordine supremo ha costituito e conserva.

Considerando l'astruso algoritmo matematico, come il più alto linguaggio umano, capace di interpretarle, esso si anima e si colora di quelle luci, che danno splendore al mondo fisico, nella rivelazione sensibile delle sue meraviglie.

### *Attività collegiale dell'Accademia sul tema della propulsione navale ed aeronautica.*

Di un'ultima attività devo parlarVi.

L'Accademia di Torino, pure attraverso alle gravi difficoltà del momento, ha continuato alacremente nello sviluppo della seconda sua iniziativa di studio collegiale su tema autarchico, della quale ebbi l'onore di tracciare l'anno scorso il programma di massima, e che conseguì d'allora tante significative approvazioni da parte degli Enti scientifici e dei tecnici specializzati. In tesi generale, e cioè sulla missione, per un Istituto come il nostro, di promuovere e coordinare attività di studio per la risoluzione di un problema fondamentale, possiamo quest'anno citare come autorevolissima conferma il pensiero perfettamente all'unisono espresso dall'Eccellenza Bottai, il geniale Ministro della Educazione Nazionale, il quale, nel suo recente messaggio alle Università Italiane, le incita ad elevarsi, sono sue parole, ad una concreta funzione dirigente e propulsiva di tutta la vita sociale.

Egli ci segnala, di fatto, come mezzo particolarmente efficace, la collaborazione degli studiosi, il continuo ricambio di idee e di esperienze, l'analisi collettiva dei problemi nei campi rispettivi di indagine; e raccomanda di preoccuparsi della posizione e della risoluzione di quesiti comuni a gruppi di materie, con particolare riguardo a quelli che implicano una valutazione di riflesso politico della scienza, promuovendo pubblicazioni, che riassumano occasionalmente, o periodicamente, la trattazione collegiale di determinati problemi.

È per l'appunto questo il programma col quale la nostra Accademia, nella adunanza a Classi riunite del 15 gennaio,

invitava i Soci e gli studiosi della specializzazione ad una trattazione integrale del problema della propulsione navale ed aeronautica; problema squisitamente politico, se politico è tutto ciò che, anche nel campo culturale, involve generalità di scopi e di metodi e di interessi.

Posso ora dirVi che, in seguito ad una laboriosa preparazione, la iniziativa ha dato i suoi frutti nelle due giornate di studio del 25 e del 26 settembre, alle quali intervennero, oltre alle rappresentanze dei Ministeri della Marina e dell'Aeronautica, gli Istituti specializzati nello studio dell'importante problema: cioè la Direzione delle esperienze di Guidonia; l'Associazione Italiana di Aerotecnica; il Laboratorio di Aeronautica del Politecnico di Torino; la Vasca per le Esperienze di Architettura navale di Roma, e quella di Spezia; le Facoltà di Ingegneria di Genova e di Pisa e gli uffici tecnici dei più importanti Cantieri navali ed aeronautici d'Italia.

Vi fu discusso il primo gruppo di Relazioni, oggi in corso di stampa nella veste tipografica definitiva, dopo la revisione della prima stesura, resa possibile dall'attivo scambio di vedute nelle adunanze. I temi erano stati preordinati allo scopo di rendere possibile il confronto fra le teorie dell'elica nelle due grandi sue applicazioni: la navigazione ed il volo; sia con intendimento unificatore, sia col fine di dedurre, in ciascuno dei campi, utili ammaestramenti dai risultati ottenuti nell'altro campo.

Perciò il Socio Enrico Pistolesi, professore della Facoltà di Ingegneria di Pisa, aveva preparato, con l'alta sua competenza sull'argomento, una esposizione sintetica dei metodi di studio dell'elica aeronautica, segnalando i problemi che attendono ancora ulteriori sviluppi. Inoltre il Laboratorio di Aeronautica di Torino aveva unificati i risultati sperimentali moderni più attendibili sull'elica a passo variabile, per offrire elementi utili alla progettazione; e finalmente, per iniziativa del Socio Carlo Ferrari, era stata condotta a termine dall'Istituto di Roma per le applicazioni del Calcolo una laboriosissima calcolazione per rendere facile la risoluzione del problema diretto e

di quello inverso dell'elica, cioè la deduzione delle caratteristiche di funzionamento, date le proporzioni del propulsore; nonchè la determinazione di queste, data la legge di ripartizione della spinta efficace lungo la pala.

Per altra parte l'elica navale era stata studiata sotto tre punti di vista; effetti delle scie di carena, dal Prof. Pierrottet della Facoltà di Genova; fenomeni di cavitazione, dall'Ing. Castagneto della Vasca di Roma; azione del battente idraulico limitato, dall'Ing. Possio del Politecnico di Torino.

Le discussioni posero in chiaro delle analogie di alto interesse, ma anche delle divergenze difficilmente superabili.

Analogie: nella limitazione delle potenze concentrabili su di un asse, per evitare le eccessive velocità periferiche, per le quali l'elica aeronautica entra nella fase ipersonora e la navale soffre la cavitazione; fenomeni apparentemente diversi, ma di fatto, anche dal punto di vista fisico, della stessa natura, con influenze, per entrambi, sfavorevoli sul rendimento del propulsore, e in oltre, per l'elica navale, causa di rapida erosione del metallo costituente le pale.

Divergenze: per il fatto che la limitazione dello spazio disponibile per l'elica navale, costringe ad attribuire alle sue pale sviluppi, in larghezza, esagerati, ciò che ne riduce il rendimento, come dimostrò il Socio Carlo Ferrari in una sua notevolissima relazione originale, sul tema: Influenza della larghezza finita della pala sulle caratteristiche delle eliche.

Per girare le difficoltà, che il problema tecnico oppone, sono stati ideati ed attuati, sia nel campo navale, sia nell'aeronautico, gli accoppiamenti di eliche coassiali, accostate e rotanti in sensi opposti. Il Laboratorio del Politecnico di Torino presentò quindi nuove sue attrezzature originali per il loro studio, al quale, presentemente, si dedica. Ma importava anche approfondire il problema della propulsione da un punto di vista più generale, considerando cioè il principio della reazione ed i modi per tradurlo in atto, senza preliminare trasformazione della energia termica in energia meccanica, con la emissione di gas in direzione opposta al moto. La discussione fu fatta dal

Prof. Lorenzo Poggi della Facoltà di Pisa, trattando dei principi dinamici e termodinamici della propulsione a reazione, sia mista, sia separata, sia come utilizzazione dei gas di scarico dei motori.

Quest'ultimo argomento, poi, appena accennato nella relazione Poggi, fu, per la sua grande importanza pratica, affrontato con esperienze originali dal nostro Socio prof. Capetti, il quale nelle giornate di studio potè già esporre alcuni risultati di molto interesse, che le ulteriori sue ricerche vanno perfezionando.

Chiaro appare come una parte cospicua del tema sia stata così esaurita; mentre per l'altra, riguardante i problemi metallurgici, costruttivi e meccanici dei propulsori, la elaborazione continua col concorso sempre più esteso di competenze specializzate, in attesa di un secondo Convegno, nel quale importerà stabilire le relazioni che questa nuova serie di quesiti presenta con quelli già trattati della dinamica dei fluidi per la risoluzione integrale del problema.

Il programma del Ministro per l'Educazione Nazionale, che mi sono permesso di citare, trova dunque l'Accademia di Torino già da tempo assidua al suo posto di lavoro, nelle direttive segnate, e con la fiducia di raggiungere risultati degni delle sue tradizioni.

### *Il riconoscimento della proprietà della sede.*

Un avvenimento per noi importante si è compiuto quest'anno.

La controversia antica, relativa ai diritti di proprietà dell'Accademia sulla sua sede, su questa parte cioè dello storico palazzo che, senza interruzione, da oltre 150 anni è testimonio delle attività dell'Istituto Torinese, è stata generosamente risolta dal Governo fascista con un atto legislativo, che porta la data del 14 giugno e le firme del DUCE e del Ministro Thaon di Revel.

La legge dispone la cessione, a titolo gratuito, alla Reale Accademia di Torino, dei diritti dello Stato sulla parte del-

l'edificio, di cui l'Accademia ha sempre avuto l'uso, e ne afferma la destinazione in perpetuo agli alti suoi fini.

Lusinghieri commenti sono contenuti nella Relazione alla Camera dei Fasci e delle Corporazioni, in cui è detto che le benemerenze del glorioso Sodalizio Sabaudo e Subalpino sono tali da far considerare in modo benevolo l'atto di liberalità deciso in suo favore.

Particolarmente espressiva è la relazione alla Camera vitalizia per la 79ª tornata del 26 maggio, nella quale il disegno di legge ebbe la sua definitiva approvazione. Essa fu scritta, con intelletto d'amore dal Conte Senatore Rebaudengo, equamente contemperando la tutela dei diritti del Patrimonio dello Stato con le esigenze dei futuri bilanci della nostra Accademia, in relazione ai gravami fiscali, sui quali il dotto documento richiamò l'attenzione del Ministro; mentre vi è tracciata, con storica precisione, la vicenda del fastoso edificio, espressione superba del genio architettonico del Guarini.

A tutti gli artefici di questo auspicato riconoscimento siami lecito esprimere, nella solenne adunanza di oggi, il ringraziamento deferente della Accademia; e sia pure lecito sottolineare il significato di un provvedimento di questa natura, perfezionato nel formidabile periodo presente della vita nazionale, evitando di rinviare a tempo indeterminato la soluzione di un piccolo problema, anche quando infiniti altri, di grandiosa portata, stanno dinanzi.

La nuova figura giuridica, che l'Accademia ha conseguito nei riguardi della sua sede, si deve considerare come una felice promessa per le maggiori sue attività future.

Con questo voto, mentre si compie il triennio della attuale Presidenza, e si attendono con rispettosa disciplina le decisioni ministeriali, che realizzeranno l'avvicendamento dei designati all'ufficio di reggere questo antico Istituto, ho l'onore di dichiarare, in nome della Maestà del Re Imperatore, aperto il 159° anno accademico, ed invito l'illustre Socio e camerata Giuseppe Albenga a tenere il discorso inaugurale sul tema *La navigazione interna, un tempo e oggi.*

All'Ecc. il Ministro Giuseppe Bottai è stato inviato il seguente telegramma:

*Reale Accademia Scienze Torino, iniziando 159° anno sua storia, mentre aggiunge alle sue normali attività, registrate negli Atti e Memorie, uno studio collegiale sulla propulsione navale ed aeronautica, col concorso delle più autorevoli competenze, fiduciosa interpretare così Vostre direttive segnalate nel messaggio alle Università Italiane, Vi prega, Eccellenza, gradire deferente espressione sua fede disciplinata, perfetta.*

PANETTI, Presidente.

Il Ministro Bottai ha così risposto:

*Ringrazio per cortese saluto rivoltomi, che cordialmente ricambio, esprimendo mio vivo compiacimento per attività svolta e da svolgere da questa benemerita Accademia nel campo scientifico.*

BOTTAI, Ministro Educazione Nazionale.

# La navigazione interna un tempo ed oggi.

DISCORSO DEL SOCIO NAZIONALE GIUSEPPE ALBENGA

*Eminenza, eccellenze, signore, camerati,*

Quindici anni or sono il considerare la navigazione interna come cosa viva ed attuale e destinata ad un futuro sviluppo sarebbe apparso vana ed ingenua illusione di chi si attardava in posizioni economiche superate da tempo e rimaneva fedele a concezioni tecniche antiquate (1). In un'epoca tutta protesa verso la conquista delle alte velocità quale interesse poteva destare un mezzo di trasporto che trascinava pigramente le merci con la lentezza del pedone, 5, 6, 7 km. all'ora? Fuor di circostanze eccezionali, le vie d'acqua potevano forse trovar ancora posto accanto alle vie dell'aria, che nate da poco, venivano ricoprendo d'una rete sempre più fitta ogni parte del mondo, accanto alle autostrade, alle direttissime che si costruivano sempre più frequenti?

Ogni progresso nelle vie di terra aveva avuto riflessi nocivi su quelle d'acqua: quando alla fine del settecento le strade si fecero migliori e le massicciate più robuste molto traffico abbandonò fiumi e canali e nella seconda metà del secolo scorso il diffondersi della strada ferrata aveva inferto un durissimo colpo alla navigazione interna, ne aveva causato la stasi quasi universale e presso qualche nazione un evidente regresso. La concorrenza delle ferrovie, non sospettata dagli uomini politici dell'epoca, ma, appena queste apparvero, subito intuita e paventata dagli industriali che, come il Duca di Bridgewater (2), posse-

devano e esercivano canali navigabili era stata fortissima dove l'iniziativa privata nel campo dei trasporti prevaleva su quella dello stato e non sempre si era svolta leale perchè talune società ferroviarie avevano acquistato canali navigabili e li avevano chiusi ad ogni privato traffico, servendosene, al bisogno, solo per il loro esclusivo interesse. La grave crisi venne superata col progresso tecnico, con i miglioramenti delle vie acquee, con il loro raggruppamento in reti razionali e soprattutto con l'aumento delle dimensioni dei natanti, con la loro costruzione secondo forme più appropriate, con l'adozione di più idonei mezzi propulsori; le ferrovie da rivali s'erano fatte collaboratrici. Si poteva credere che una nuova e più grave crisi avrebbero provocato i servizi automobilistici tanto comodi, elastici e veloci, i quali per di più disponevano di un complesso di strade estese fino ad ogni più piccolo centro. Ma non fu così: dove la rete delle vie d'acqua era serrata e buona il nuovo mezzo di trasporto non ebbe la temuta influenza e assorbì, e quasi solo per le piccole distanze, le merci ricche e medie che già preferivano la strada ferrata al fiume e al canale. Recenti statistiche del traffico mondiale davano l'annuo movimento di 97 miliardi di tonn.-km. ai trasporti automobilistici contro 130 miliardi alla navigazione interna; il confronto coi più antichi dati porta a concludere che al servizio automobilistico affluirono, oltre a una parte del nuovo traffico, quasi solo merci sottratte alle ferrovie. Per trasporti a distanze appena notevoli la navigazione interna non risente della esistenza del nuovo mezzo. In Germania, alcuni anni fa, le merci trasportate con autocarri a distanze superiori agli 80 km. erano solo il 2,2% del movimento complessivo (due miliardi di tonnellate-km. annue) contro 23 miliardi spettanti alla navigazione interna (il 25,4%) (3).

Questo resistere all'avvento dei nuovi sistemi di trasporto e questo rapido rifiorire dopo brevi periodi di declino hanno la loro ragione nel fatto che la navigazione interna soddisfa molti dei requisiti d'un buon mezzo di comunicazione. Essa concede infatti la possibilità di trasportare grandi quantità di merci anche ingombranti, sicurezza, regolarità, puntualità, suffi-

ciente disponibilità e frequenza di veicoli robusti, che le riparazioni immobilizzano solo circa una settimana all'anno (metà del tempo richiesto dai carri ferroviari e un ottavo di quello relativo alle locomotive).

Qualche riserva, specie nei paesi nordici, possiam fare sulla indipendenza dalle condizioni meteoriche e climatiche: le piene e i ghiacci impongono spesso lunghe interruzioni stagionali. Altro difetto sta nell'assenza di quella penetrazione capillare che la strada ordinaria concede in sommo grado e che evita i trasbordi, incomodi, costosi e mal sicuri. Di questi trasbordi fin dal 1676 lamentava le conseguenze il cav. Don Agostino Martinelli, ferrarese, dottor di legge in Sapienza che forse scrisse più d'Ingegneria che di Giure, lungamente trattando « la sospirata navigatione ... non tanto dal popolo amatore di nuove curiosità quanto da molti virtuosi ancora di prima classe » (4). Altro inconveniente è la velocità molto ridotta. Qualche cosa si è guadagnato anche in questo campo: mentre cent'anni or sono la velocità di traino dei barconi, nei trasporti normali, non superarava i 3 km. orari, si salì a 5 km nel 1880, per giungere ai 7 al principio del nostro secolo e non superati più fuorchè in trasporti di passeggeri o di qualche merce su grandi fiumi, dove si raggiunsero anche i 18 km. orari (5).

Il gran pregio della navigazione consiste nel basso costo dei trasporti, dovuto al piccolo sforzo di trazione che essa richiede (6). Affluiscono alla via d'acqua le materie non deperibili, di poco prezzo, che occupano notevole volume, quelle cioè che alimentano i trasporti detti *di massa*; da noi, per fare qualche esempio: i carboni; i carburanti; le calci e i leganti idraulici; le ghiaie; le sabbie ed altri materiali da costruzione; i legnami; i bitumi; la cellulosa; i cereali, le barbabietole, i foraggi; i concimi. Potranno servirsi parzialmente di queste vie anche i prodotti semilavorati, mentre le merci delicate e costose agevolmente sopportano la spesa di trasporto con mezzi rapidi e a questi si dirigono.

Un caratteristico diagramma di confronto disegnato da Carlo Pirath, l'acuto studioso dei problemi del traffico aereo,

mostra tutta l'importanza del costo del trasporto sul prezzo di oggetto lavorato o del materiale grezzo ponendo di fronte la analisi del prezzo di vendita dei recipienti per il latte e di quello dei mattoni nel luogo d'impiego (7) (fig. 1). Il prezzo dei primi dipende da molti elementi: costo del minerale in miniera, costo delle successive lavorazioni in ferriera, nel laminatoio e nell'officina

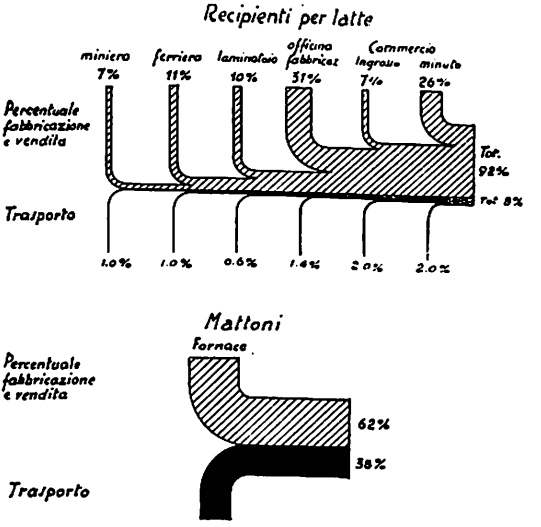


Fig. 1. — Diagrammi di costo.

di produzione, profitti del grande e del piccolo commercio; ad ogni fase la merce si sposta, ciò che si accompagna ad inevitabili spese. Le striscie del diagramma, quasi altrettanti rivoli affluenti ad una corrente in cui si fondono, hanno larghezza proporzionale ai costi elementari; le striscie a tratteggio sono relative alle spese di trasformazione ed a quelle del commercio, le striscie nere misurano il costo dei trasporti in ciascuna fase, ed assommano in totale all'8% del prezzo complessivo. Non c'è quindi speranza che un'economia, anche assai grande, nei trasporti, possa avere effetti di qualche rilievo sul prezzo totale. Ben diverso è il caso dei mattoni rappresentato dalla parte inferiore del diagramma: qui le spese di trasporto contribuiscono al prezzo complessivo col 38%: una riduzione, appena sensibile di questa

percentuale, si ripercuote subito sul loro prezzo in cantiere. Alle analisi precedenti non si vuol attribuire un valore assoluto: entrano in gioco troppe circostanze perchè esse siano valide al di là di molto stretti limiti di spazio e di tempo. Ma sulle conclusioni qualitative non è lecito il dubbio. Le merci povere richiedono trasporti non costosi, come per eccellenza sono quelli per via d'acqua. Si calcolò che questa consenta ogni anno in Germania una economia di 700.000 marchi, in Francia di circa 1 miliardo e mezzo di franchi. La navigazione interna può inoltre scaricare le ferrovie dall'onere di convogliare in perdita merci che oggi pagano tariffe non rimunerative, può consentire l'impiego di materie prime e di residui industriali che non comportano le spese richieste da altri mezzi, può concorrere così all'indipendenza ed all'autonomia economica, portare cioè (e non si fa qui illecito uso di una frase troppo abusata) un contributo notevole alla lotta per l'autarchia.

***

Di ogni mezzo di comunicazione interessa conoscere la via, il veicolo, il motore e le relazioni che tra essi intercedono. La navigazione interna dispone di tre diverse vie:

il lago e il fiume a corrente libera,
il fiume canalizzato,
il canale.

***

Antichissima e preistorica la prima via, molto antico anche il canale, più recente il corso d'acqua canalizzato, come quello che richiede l'impiego della conca e quasi sempre anche quello della diga mobile, ambedue invenzioni relativamente tarde.

Fin dagli albori d'ogni civiltà, in particolare nella Cina, nell'Egitto e nella regione dell'Eufrate le grandi correnti fluviali ci appaiono solcate da un intenso traffico di zattere e di barche. L'affresco di una tomba di Hieraconpolis (Kom-el-amhara), che si ritiene rimonti al quarto millennio avanti l'Era volgare ci

rappresenta una traversata del Nilo, fatta da alcune barche (fig. 2). Qualche episodio delle movimentate scene che si svolgono sulle rive (si osservino le capre sulla roccia che appaiono quasi attaccate ad una ruota) è rappresentato con primitiva ingenuità: ma è notevole la precisione con la quale si misero in evidenza taluni particolari tecnici delle barche: queste sono molto rile-

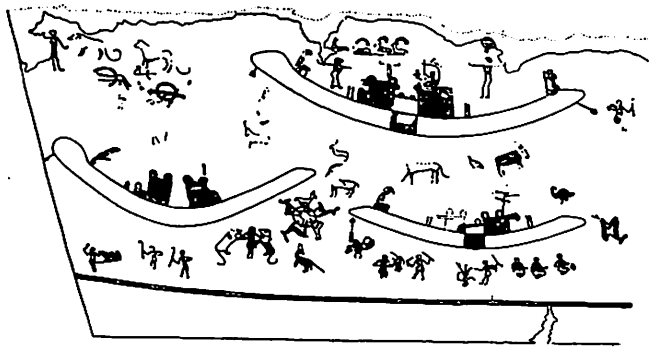

Fig. 2. — Affresco tombale di Hieraconpolis.

vate a prua ed a poppa quali si conserveranno per molti secoli nell'Egitto e altrove (8).

Una grande massa d'acqua non basta da sola ad assicurare la tranquilla ed agevole navigazione. Già Leon Battista Alberti, il tecnico umanista del nostro Rinascimento, aveva ricordato quanto più agevole fosse riuscito il trasporto degli obelischi sul Tevere che non sul Nilo, pur tanto maggior fiume (9). Lo stesso Volga, il massimo fiume europeo, coi fondali irregolarmente distribuiti e variabili, i grossi banchi vaganti di ghiaie e di sabbie, le sponde a tratti franose, lasciato a sè, ben presto diverrebbe inadatto ad accogliere grosso naviglio. Occorre perciò una regolazione dei corsi d'acqua e finchè questa opera grandiosa e lunga non sia portata a termine, necessita una segnalazione di continuo aggiornata delle linee di rotta che indichi dove le barche trovino un comodo passaggio nella corrente rapidamente mutevole. Nel Po squadre di meatori percorrono ogni giorno un tratto lungo 20 km., lo scandagliano, lo osservano e vi spostano i segnali in sponda ed alveo.

Difficilmente la sistemazione di un gran fiume ha il solo scopo di facilitarvi la navigazione, essa si propone un programma molto più vasto: protezione dei terreni circostanti, utilizzazione dell'energia della corrente, miglioramenti agrari. La sistemazione fluviale ha una lunga storia. I Cinesi che pretendono alla priorità in ogni campo, ne fanno ideatore il quasi mitico imperatore Yao, fiorito nel terzo millennio avanti Cristo, che vi avrebbe provvisto con l'opera dei suoi ingegneri: Gung-gung, Guen, principe di Tsung e Yü figlio di questo. Curiosa figura il grande Yü, come lo chiamarono i posteri. Il popolo cinese lo considerò il salvatore del Paese quasi perduto dal dilagare dei fiumi — vincitore del diluvio lo dicono i vecchi libri di Confucio — gli eresse templi e lo volle autore di quasi ogni pubblico lavoro di remota antichità ([10]). L'opera di questo saggio, che fondò anche una dinastia imperiale, ci appare immensa anche nelle più giuste proporzioni a cui venne ridotta da uno studio critico dell'ingegnere cinese Li ([11]): sono probabilmente suoi i primi lavori sullo Yang-tze-Kiang, la più grande via d'acqua della Cina.

La navigazione su questo lunghissimo fiume — 5000 km., — dove le piene raggiungono i 40.000 $m^3$/sec. e le torbide trasportano a mare ogni anno 300 milioni di metri cubi rimane tuttavia difficoltosa specie nelle rapide che non vi sono rare. Da qualche anno vi sono in corso lavori che, insieme a quelli del Mississippi, sono i maggiori lavori di sistemazione fluviale del mondo ([12]). Criterio direttivo di essi è quello stesso che Mencio asserì essersi già applicato da Yü: guidare cioè le proprie energie del fiume a raggiungere lo scopo prefisso.

Contro le forze della natura l'uomo combatte con scarsa e precaria efficacia se le contrasta invece di servirsene assecondandole: l'aver dimenticato questo canone, nel 1869, forzando il Danubio a incanalarsi presso Vienna in troppo lunghi e regolari rettifili fu causa di molti inconvenienti alla navigazione; costosi lavori si imposero per correggere l'errore.

Altra causa di insuccesso nei lavori di sistemazione può essere il progettarli con non abbastanza larga visione d'insieme: palliativi locali non danno buon risultato quando le cause

degli sconcerti sono gravi e lontane. Oggi, sui grandi fiumi il problema della sistemazione si affronta in tutta la sua interezza: così si sta facendo al Po e al Tevere, così si fece al Danubio ed al Reno, dove si lavora da molti decenni. Le ricerche teoriche fondamentali nel ramo dell'idraulica fluviale che guida nei progetti di queste opere sono in buona parte italiane; da Domenico

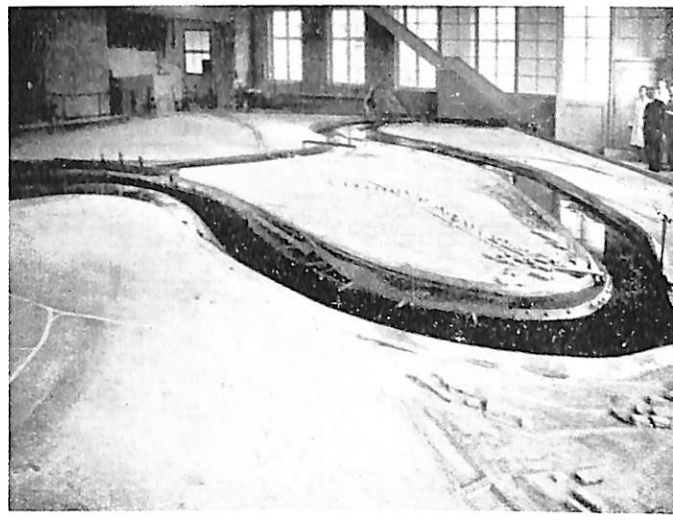

Fig. 3. — Prova su modello della correzione d'un tronco del Danubio.

Guglielmini, acuto osservatore che della teoria pose le basi, ad Elia Lombardini, che accompagnò ricerche speculative con brillanti applicazioni pratiche, a Gaudenzio Fantoli, l'ultimo nel tempo dei nostri maggiori idraulici defunti, possiamo vantare una serie di maestri veramente grandi.

Lo studio teorico si integra con l'esperienza su modelli (13). Per quanto questi, considerati in sè, siano assai grandi, la loro scala è sempre molto ridotta rispetto al vero: 1 : 125, 1 : 250 (fig. 3). Ne consegue una notevole difficoltà nel realizzare i postulati della similitudine meccanica, in particolare quando si studino gli alvei a fondo mobile: l'esperimento è sempre lungo, costoso e la sua interpretazione ne è tutt'altro che semplice.

Quando sia lecito ridursi ad un sistema piano di correnti (e lo è molto meno spesso di quel che accade nell'analisi dei pro-

blemi aerodinamici) si possono usare con successo modelli elettrici (14). I fenomeni della dinamica dei fluidi sono retti da leggi aventi la stessa espressione analitica di quelle che governano certi fenomeni elettrici e poichè il campo elettrico si esplora meglio che non quello delle velocità si spiega il ricorso al modello elettrico. Di questo si sono serviti gli ingegneri che studiano la

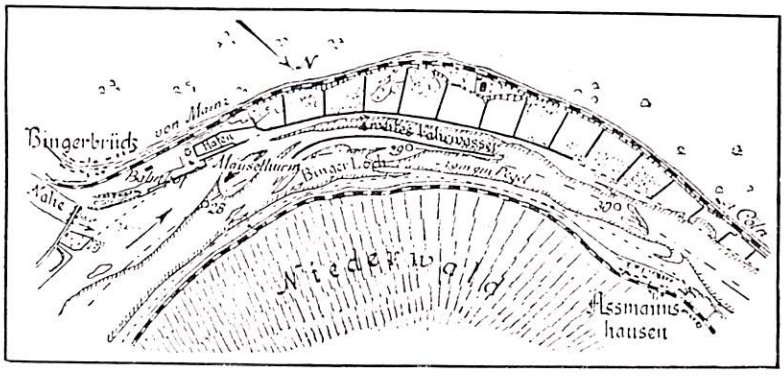


Fig. 4. — Regolazione del Reno al Binger Loch.

sistemazione del basso Reno, dove si lavora ininterrottamente da quasi cento anni seguendo un larghissimo e metodico programma con risultati assai soddisfacenti. Particolari difficoltà si incontrarono nel tratto, di carattere montano, fra Bingen e St. Goar, poco al di sopra di Coblenza. Il letto, largo d'ordinario 300 m., vi si riduce alla metà, la profondità minima vi è di m. 2,50, ma vi raggiunge perfino i 30 m. Presso il Mäuseturm, una bella e vecchia torre pedaggiera, un grosso banco roccioso divide in due rami la corrente. Nel medioevo le difficoltà vi erano così gravi da richiedere lo scarico delle merci e il loro trasporto per un breve tratto di via di terra: lo stretto passo — il *Binger Loch* — fu, nel seicento, allargato a 7 m. e venne più tardi portato a 30 m., che però si hanno solo per la lunghezza di una cinquantina di metri, raggiungendosi nel resto i 70 m. L'altro passo è alquanto più largo, ma meno profondo e quindi percorso di preferenza da barche poco cariche (fig. 4). Alquanto a valle è la rapida del Wilde Gefähr: ivi le sistemazioni hanno pure

dato origine a due vie, l'una da un lato, l'altra dall'altro del vecchio castello — *die Pfalz* — eretto in mezzo al fiume (fig. 5). Più noto è l'ultimo tratto pericoloso, quello della Loreley. Una leggenda che Clemente Brentano trasse dal nome locale d'una rupe, con l'immaginazione fervida del facitore di miti, ne fece una piccola Scilla renana, dove una giovinetta ammaliava col canto i marinai. Ne diffuse la fama, notissimo un *Lied* del-

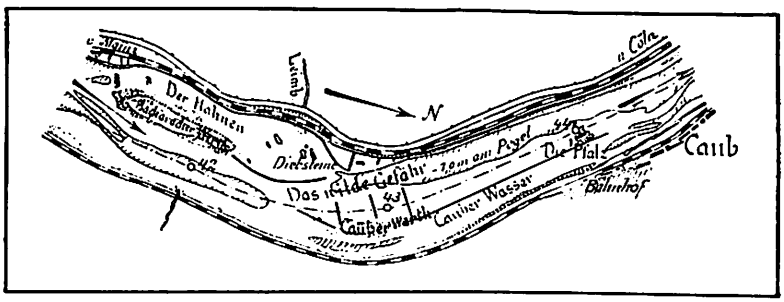


Fig. 5. — La Wilde Gefähr sul Reno.

l'*Heimkehr*, soffuso di tristezza. La bellissima fanciulla pettina i capelli d'oro col pettine d'oro e canta una gagliarda meravigliosa melodia:

Den Schiffer im kleinen Schiffe
Ergreift es mit wildem Weh,
Er schaut nicht die Felsenriffe,
Er schaut nur hinauf in die Höh',
Ich glaube, die Wellen verschlingen
Am Ende Schiffer und Kahn;
Und das hat mit ihrem Singen
Die Loreley gethan. ([15])

Oggi la Loreley non canta più se non nelle opere che, da Mendelssohn a Catalani, i musicisti dedicarono alla sua romantica leggenda; qualche mina e un taglio subacqueo hanno allontanato ogni pericolo e la rupe malfamata protegge e dà il nome al tranquillo specchio d'acqua che è il porto di St. Goarhäusen ([16]).

Nei fondi molto mobili i lavori fluviali, argini longitudinali e trasversali, soglie di fondo, opere in sponda, vanno integrati

con lavori di draga che vi mantengono un passo abbastanza profondo.

Noi ignoriamo quando le prime draghe abbiano sostituito le cucchiaie od altri analoghi ordegni manovrati da una o due persone, certo un qualche cosa di meccanico presuppone il contratto passato a Rostoch nel 1228 per mantenervi navigabile il

Fig. 6. — Draga di Leonardo.

fiume in tratti profondi anche 4 metri. I manoscritti vinciani ci tramandarono il progetto della draga Leonardesca ([17]); è a ruote con quattro pale: accanto a qualche particolare molto ingegnoso ve ne sono altri che rendono la macchina inadatta allo scopo (fig. 6). A partire dal Seicento queste macchine si moltiplicano: troviamo così la draga a ganascie di Bonaiuto Lorini ([18]) (fig. 7), draghe a ruote, a noria, a cucchiaia, ad aspirazione, alcune delle quali, come quelle olandesi di Natrus (fig. 8), azionate da un maneggio di cavalli ([19]). Ne esistono oggi di veramente grandiose: la draga a noria Emden V con 41 tazze da 800 litri l'una, la diga aspiratrice Chien She, costruita nel 1934 per la Cina, lunga 113 m., con più che 5000 cavalli di forza motrice, ne sono interessanti esempi.

Ma fino a che i barconi sono piccoli, e tali rimasero per tutto l'evo antico e medio, nella maggior parte dei casi, l'unico lavoro

richiesto dalla navigazione fluviale fu la costruzione della strada alzaia e talora non esiste neanche questa, se pure, esistendo in origine, non venne poi usurpata dai frontisti. Così si svolse all'epoca

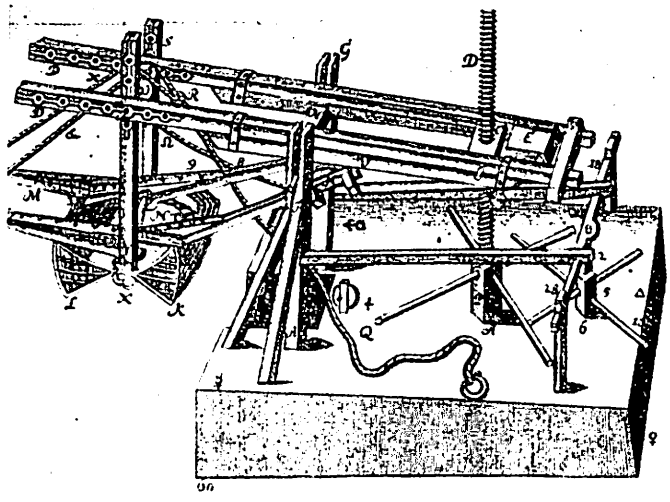

Fig. 7. — Draga di B. Lorini.

romana l'intenso traffico sui moltissimi corsi d'acqua, ora non più percorsi dalle barche di trasporto. Il Po, da Torino all'Adriatico, e

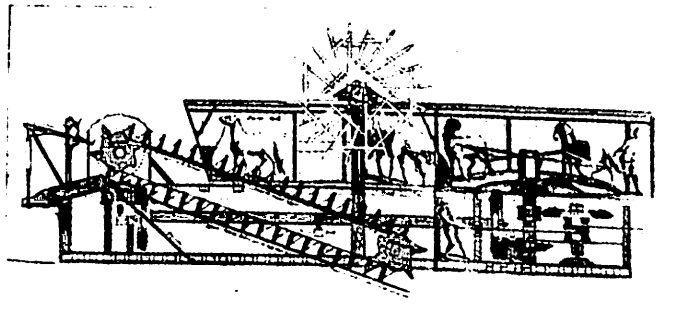

Fig. 8. — Draga a noria di Natrus.

trenta suoi affluenti, i fiumi del Veneto e della Romagna formavano una rete di circa 2500 km. nella sola Alta Italia: altri 2000 km. si navigavano nel resto della Penisola. Molto attivo era il traffico

sul Tevere, con zattere a partire da Todi e con barche da Perugia a valle. Augusto aveva provvisto ad approfondirne il letto e a liberarlo dalle macerie di ponti e da altre opere rovinate. Alla manutenzione delle vie ed alla sorveglianza provvedevano i *curatores alvei Tiberis et riparum* (20). Anche dopo la caduta dell'Impero la navigazione fluviale continuò a fiorire, sotto l'impellente necessità di sopperire in qualche modo alla scarsità di buone vie di terra. Nel V libro delle *Variarum* di Cassiodoro sono parecchie disposizioni riguardanti i fiumi navigabili dell'Italia settentrionale e della Toscana; si provvide tra l'altro ad eliminare gli ostacoli dovuti a certe opere permanenti costruite da pescatori (21). Oggi avrebbero forse ragione i pescatori a protestare contro certe sistemazioni fluviali che completamente trascurano i bisogni dell'ittiofauna. Sviluppatissima fu la navigazione interna nella Gallia Romana, particolarmente sul Rodano, la più ricca via di commercio del mondo romano. Fino ad Arles lo risalivano i *navicellarii marini*, poi si iniziava la zona ove agivano i *nautae* fluviali. Ricchi e potenti nell'Alta Italia, in particolare sui laghi di Garda e di Como, raggiunsero il loro massimo potere nella Gallia dove lo *splendidissimum corpus nautarum rodhanicorum et araricorum* godeva numerosi privilegi, ed i cui membri avevano posti riservati nell'Anfiteatro; essi erano insieme armatori e commercianti. Sui corsi minori pare lavorassero gli *utricolarii* e i *caudicarii* che spesso impiegavano semplici zattere (22).

Il carico dei barconi era ben povera cosa: qualche sacco di grano, qualche barile di vino, qualche balla di derrate salate, di pesci secchi, di lane, di pelle, legnami, marmi. E invariato rimase fino al principio dell'epoca nostra. Nel giugno 1493 il nobile signore Giovanni Vassallo, come si rileva da un documento inedito dell'archivio notarile antico del Monferrato, si obbliga a consegnare al nobile signor Giovanni Maria Imolesi mille brente di vino e otto di aceto portandole da Nizza alla terricciola di Masio sul Tanaro, e caricatole ivi sulle navi, condurle al porto di Ferrara e consegnarle, « *excepto eo quod consummabitur per conductores et nautas in bibendum pro eorum potu* ». Di pa-

recchi navicellai dei primi anni del cinquecento, a Casale, e delle merci da loro trasportate insieme col costo del nolo è memoria nei documenti del ricordato Archivio ([23]). Conservano il bel nome latino di *nauta*, ma non sono più armatori privilegiati e potenti come all'epoca romana; piccoli e spesso poveri artigiani, locano la loro barca ai ricchi mercanti casalaschi e si dirigono per lo più al porto di Pavia, centro allora della navigazione nell'alta Italia. Ben a ragione l'anonimo autore che scrisse *De laudibus civitatis Ticinensis* vantava il porto cui *ex diversis partibus, mundi mercimonia deferentur* e ricordava il sale e le merci che provengono dall'Adriatico, e le navi che per il Po scendono dal Monferrato «*cum preciosis et rubicundis vinis*» e con gli ottimi vini del novarese ([24]). Pavia era un grande emporio ed al suo porto facevano capo i canali di Lombardia.

***

Anche per i canali navigabili i Cinesi pretendono una priorità di secoli. Un primato indiscutibile nessun può loro contestare, quello della durata di costruzione. Il canale imperiale destinato a portare a Pechino il riso delle contrade meridionali fu cominciato verso il 390 a. C. e venne portato a compimento nel 1320: oggi molto ha perduto della importanza di un tempo. Anche nel medio Oriente il canale è di antichissima origine, tale è ad esempio la Fossa di Semiramide, emissario dell'Eufrate presso Babilonia, ch'ebbe piuttosto lo scopo di proteggere la città dalle inondazioni, che non di favorire il passaggio di natanti.

Il canale cinese cui accennammo è un canale di collegamento fra due bacini fluviali; la Fossa di Semiramide è invece uno di quei canali laterali che hanno lo scopo di facilitare la navigazione dei delta o di evitare zone dove la corrente è eccessivamente veloce o il letto cosparso di ostacoli. Ambedue i tipi di canali troviamo poi presso i romani. Notevole quello che Corbulone costruì per collegare il Reno alla Mosa, lungo circa 32 km. pare fra Düsseldorf e Venlo. Grandioso fu il tentativo di

unire la Saona con la Mosella fatto da Lucio Vero e interrotto per ragioni politiche ai tempi di Nerone. Il tracciato presentava tali difficoltà al passaggio della catena spartiacque, che si ignora come potessero venire affrontate senza l'impiego di conche o di analoghi dispositivi. Più frequenti i canali laterali, come quelli che unirono Bologna e Modena al Po (laterale al Reno ed al Panaro) e i canali alla foce dei fiumi: la Fossa Claudiana allo sbocco del Tevere, la Fossa Augusta alla foce del Po, la Fossa Mariana a quella del Rodano, la Fossa Drusiana alla foce del Reno ([25]).

I canali dei romani erano per lo più molto stretti non superando i 5 m. di larghezza, ciò che obbligò talora a far le barche simmetriche, così che fosse possibile invertirne il senso della marcia, solo voltando i rematori: si alimentavano dai vicini corsi d'acqua e talora vi si entrava dal fiume passando le *valvas fluvii emissoria*, che erano, si crede, porte o paratoie analoghe a quelle adottate poi nella costruzione delle conche.

Molto attiva fu nel Medioevo l'opera dei Lombardi in questo campo: ad essi è dovuta la costruzione della prima rete di canali di una certa importanza. Giuseppe Bruschetti ([26]), Elia Lombardini ([27]), sopra tutto dal lato tecnico, e più di recente con intenti più strettamente storici Gerolamo Biscaro ([28]) ne descrissero lo sviluppo. Dai primi accenni dell'XI secolo, dai lavori già importanti del duecento si giunge, con un rapido estendersi della rete, alle grandi opere volute dall'ultimo dei Visconti e dal primo degli Sforza: coi Duchi collabora attivamente Leonardo da Vinci.

L'opera di Leonardo nel campo della navigazione non si limitò alla regione lombarda: è dovuto a lui il progetto del canale di Valle d'Arno che, patrocinato da Niccolò Machiavelli ebbe un principio di esecuzione del 1502 e due anni più tardi venne abbandonato per l'opposizione armata di Pisa che, credendosene danneggiata, ne invase i cantieri. Il canale abbandonava infatti il basso corso d'Arno per sfociare nell'antico porto pisano, che doveva essere messo in efficienza. L'origine ne era poco a valle

di Firenze, poi con un grande arco passava per Prato e Pistoia e sboccava nel Lago di Sesto, oggi quasi scomparso e di qui tornava per breve tratto in Arno. Per integrare la portata di magra, Leonardo aveva proposto di costruire un bacino artificiale in Val di Chiana « *facciasi alle Chiane di Arezzo tali cataratte che mancando la state acqua in Arno il canale non rimanga arido* », preludendo così a quelle riserve idriche che, più tardi, i Francesi usarono appunto per alimentare i loro canali e che poi assunsero tanta importanza nell'industria elettrica. Il canale d'Arno aveva dimensioni per quei tempi assai notevoli: « *faciasi esso canale in fondo braccia 20* (che sono m. 11,70) *e 30 in bocca* (m. 16,55) *e braccia dua sempre aqua e quattro perchè dua d'esse braccia serva alli mulini e alli prati* ». Gli scopi del canale erano multipli, navigazione, produzione d'energia, irrigazione: è un cumulo di servizi che non crediamo più di poter affidare, se non eccezionalmente, ad un'opera sola (29). Forse al nostro Sommo questa soluzione fu suggerita dalla necessità di eliminare opposizioni e di creare intorno alla grandiosissima opera un'atmosfera favorevole: necessità che anche ai nostri tempi costringono talora a non tenersi troppo rigidamente legati alle soluzioni tecniche più razionali. Il canale d'Arno era un canale di rilevanti dimensioni per la sua epoca. Oggi siamo andati molto più in là: non sono rare larghezze al pelo d'acqua superiori ai 30, fino ai 39 m. nel canale Wesel-Detteln; ancor molto maggiori dimensioni si incontrano in taluni canali della Russia (30). La sezione pare trapezia, ancora oggi in uso accanto a quella a conca: la prima preferita dal Franzius, la seconda dall'Engels, ma senza che sia possibile ancora stabilire quale sia realmente migliore. Leonardo si era molto preoccupato dei grandi movimenti di terra richiesti dallo scavo del canale; aveva studiato escavatori assai ingegnosi, atti ad utilizzare la forza dell'uomo, allora di quasi esclusivo impiego; aveva anche indagato con acume il paleggio delle terre decomponendolo in azioni elementari e valutando le durate di ciascuna di queste, anticipando così di secoli quelle ricerche del Perronet e del Babbage, alle quali si suole far capo nel riassumere la storia dell'organizzazione scien-

tifica del lavoro (31). Gli escavatori vinciani (figg. 9 e 10) possono considerarsi come i precursori dei grandiosissimi escavatori at-

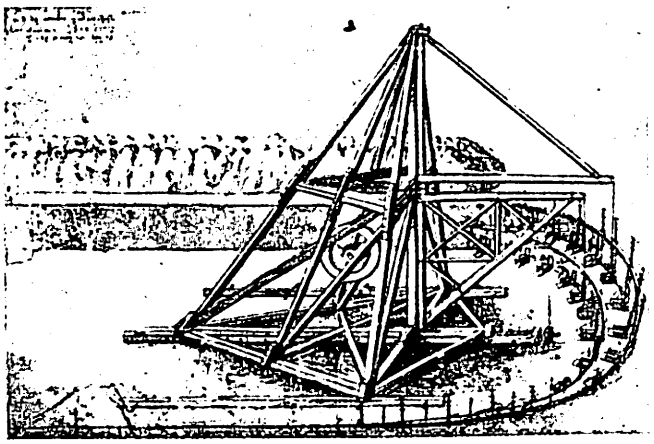

Fig. 9. — Escavatore vinciano.

tuali, così perfezionati, così adattabili ad ogni manovra e ad ogni varietà di terreno, che si realizzarono in tutti i tipi: a noria, a ganasce, ma specialmente a cucchiaia. Accanto a questa macchina

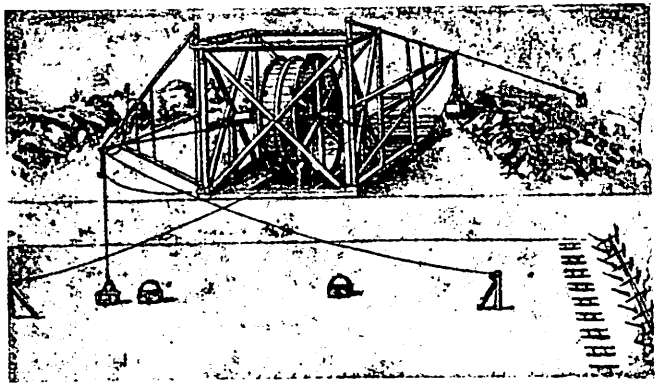

Fig. 10. — Escavatore vinciano.

altre di grande mole furono studiate e per fare le grosse gettate di protezione delle scarpate dello scavo e per rifinire la superficie. Il canale vinciano non ha conche, per quanto tra l'origine e lo

sbocco in mare il dislivello sia grande: « *non bisognia conche o sostegni i quali non sono etterni anzi sempre si sta in esercitio a operarli e mantenerli* ». Non ci saremmo certo attesi questa dichiarazione da chi, se non fu l'ideatore delle conche come per qualche tempo si disse, pure molto contribuì al loro perfezionamento e nel Codice Atlantico ci lasciò schizzi (fig. 11) che indi-

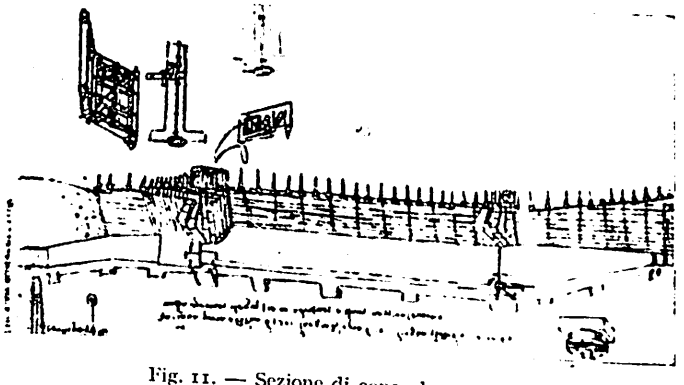

Fig. 11. — Sezione di conca leonardesc.

cano un profondo studio e una geniale soluzione di parecchi problemi posti dalla manovra e dalla costruzione della conca (32).

È noto che la conca consiste essenzialmente in una vasca capace di uno o di più barconi, intercalata fra due tronchi di canale o di fiume a diverso livello: dal tronco più alto la separano le portine, da quello più basso i portoni. Chiuse le portine e aperti i portoni la barca può entrare nella vasca. Si richiudono i portoni e facendo scender acqua dal tronco superiore si porta il livello della vasca ad esser quello del tronco superiore: si potranno allora aprire le portine e far passare il natante nel tronco superiore. Con la manovra inversa si fa la discesa. La conca ebbe grandissima importanza nell'aumentare le possibilità della navigazione interna, tanto che non senza alquanta esagerazione in una molto recente e diffusa storia dei Popoli il Froidevoin la pone subito dopo la stampa e la polvere da sparo tra le invenzioni che prepararono l'avvento dell'età moderna (33). Gli Olandesi ne contrastano il merito agli Italiani, ma senza serio fondamento. Dimostrato che la pretesa conca di Sparaandam, esistente nel

1285, non è che una di quelle *valvae* che già vedemmo nell'età classica e che neanche la Muschelschleuse costruita intorno al 1420 è una conca vera e propria non rimangono a sostenere gli accampati titoli dell'Olanda che vaghe affermazioni non documentate. A questo stesso anno 1420 venne spesso attribuito il passo di Pier Candido Decembrio, nella Vita di Filippo Maria Visconti, che parla di conche: « *meditatus est et aquae rivum per quem ab Abiate Viglievanum usque sursum veheretur aquis altiora scandentibus machinarum arte quas conchas appellant* », ma la costruzione del Naviglio qui accennato pare più tarda (34).

Aperto nel 1420 fu invece il canale tra Bereguardo e Abbiategrasso, se questo ebbe conche, e le vorrebbe la caduta di quasi 24 m. su 19 km., esse furono le più antiche, altrimenti la prima conca nota, come già avvertì Giuseppe Bruschetti, sarebbe quella di Viarenna, che si vuol costruita intorno al 1439 dagli ingegneri ducali Filippo degli Organi, modenese, e Aristotele Fieravanti di Bologna (35). Attraenti figure questi due emiliani: il primo, architetto del Duomo di Milano, cacciato poi dal servizio sotto l'accusa di mali costumi (e fu forse per vendetta politica); maggior personaggio il secondo, che chiuse l'avventurosa vita a Mosca e, più che per i lavori veramente grandi che lasciò, dovette la rinomanza al trasporto di una torre nella strada maggiore di Bologna. Le conche vanno intanto migliorando, si perfezionano, la manovra ne diviene meccanica. Un notevole progresso, che va sotto il nome d'un ingegnere francese e che è dovuto ad un architetto e pittore italiano — Giuseppe Meda — che l'applicò per primo alla conca di Paderno nel 1591 (36), è l'adozione dei canali laterali di riempimento, che evitano le fastidiose onde provocate prima dall'uscita dell'acqua da paratoie praticate nelle porte.

Dalle prime conche ad oggi vi fu un aumento assai notevole delle dimensioni: esse sono ora capaci di accogliere anche più di un grosso natante. Al grande Volga si raggiunsero i $290 \times 30 \times 5{,}5$ e nelle linee tedesche si prevedono conche di $350 \times 12 \times 3$. Non furono attuate le conche per altissimi salti già da tempo proposte: maggiori conche di Gatun sul canale di Panama

arrivano a 12,50 m. e siamo già fuori del campo della navigazione interna. Quando occorra superare salti maggiori si preferisce la scala di conche, susseguentisi immediatamente l'una all'altra. Il progetto d'una di queste opere grandiose pone all'ingegnere tutta una serie di difficili problemi: primo quello

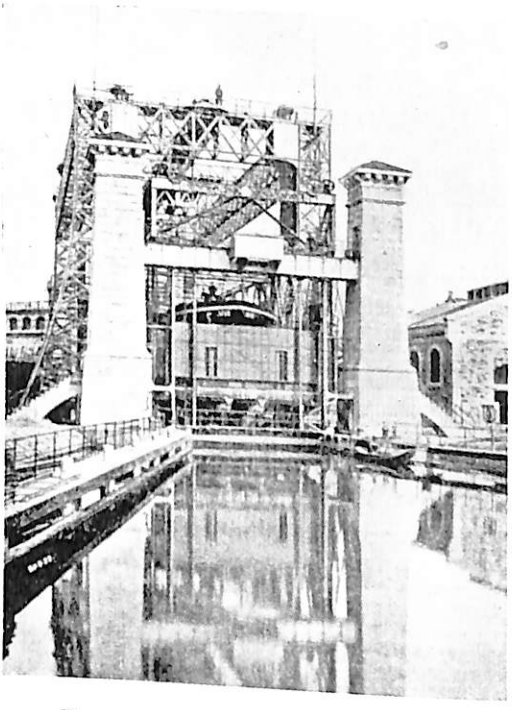

Fig. 12. — L'elevatore di Henrichenburg.

di determinare come si comporti il terreno che avvolge le murature: un nostro studioso, Giulio Krall, molto contribuì ad una elegante e geniale soluzione di questo problema (37).

Le conche sono causa di consumo d'acqua: ad ogni passaggio scende a valle una quantità d'acqua notevole, prossima al volume della vasca, quando manchino i bacini di risparmio, che permettono una certa economia, ma aumentano la durata della già lunga manovra. Si sono cercati perciò mezzi per ottenere il passaggio fra i due tronchi a dislivello che abolissero quasi il consumo d'acqua e si idearono gli elevatori, che solle-

vano il battello verticalmente, i piani inclinati, che trasportano a secco o in vasca i battelli lungo piani inclinati.

I primi sono di origine inglese e recenti; in passato non si sarebbe disposto delle grandi forze occorrenti per il sollevamento rapido di centinaia di tonnellate. Alcuni d'essi come quello d'Anderton, che è il più antico e quello di Niederfinow,

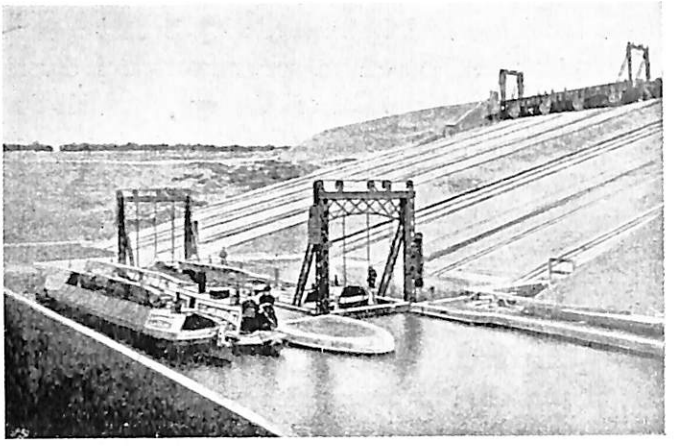

Fig. 13. — Il piano inclinato di Fonton.

costruito per un dislivello di 52 m., ottengono il sollevamento con la manovra di contrappesi. Altri utilizzano il principio del torchio idraulico: tra questi il più noto è quello di Henrichenburg (fig. 12) con l'ossatura metallica ispirata all'architettura del ferro del primo novecento che tenta una certa eleganza di linee e tanto contrasta con la rigidezza scheletrica delle odierne strutture, non d'altro preoccupate fuorchè della resistenza statica (38).

Antico è invece il piano inclinato: in Cina, nell'Olanda e anche da noi. Il carro di Lizza Fusina esisteva già avanti il 1437 al dire dello Stratico, ed era quindi di poco anteriore alle prime nostre conche di certa data (39). Erano piani lungo i quali le barche erano tirate a secco e il loro asse continuava quello del canale. I più recenti tipi trasportano i natanti insieme con una vasca: e si muovono in direzione normale a quella del canale (fig. 13).

L'invenzione e il diffondersi della conca non ebbero nei primi tempi quell'influsso sul progresso della navigazione interna che si poteva credere. I traffici erano limitati e non si estendevano a grandi distanze. Così, quantunque già Francesco I avesse incominciato a riunire con canali i vari bacini fluviali, solo col mercantilismo colbertiano si ebbe un reale sviluppo della navigazione interna: si costruirono canali di collegamento tra i bacini del Rodano, della Senna, della Loira e della Garonne, ponendo così in comunicazione i diversi mari che circondano la Francia. Celebri fra questi canali fu quello del Mezzogiorno, anche per le polemiche tra i discendenti di quelli che se ne contesero il merito: Riquet de Bonrepos e Andreossi, l'uno e l'altro di famiglia oriunda toscana (40).

Seguire lo sviluppo dei canali, anche solo dei più importanti non è possibile ma non tacerò d'uno d'essi importantissimo, quello tra il Danubio e la Moldau e l'Elba, dovuto a Luigi Negrelli, il cui nome è legato al Canale di Suez (41). Il Sacro Romano Impero che fu così fecondo nell'idear predicati ai nobili che veniva creando lo rimeritò creandolo Ritter von Moldelba, nome fabbricato fondendo quelli dei corsi ch'egli aveva collegato al grande fiume.

***

Il canale fra la Propontide e il lago di Nicomedia, di cui parla Plinio il giovane, nel quale si voleva « *cataractis cursum aquae temperare* », segna il passaggio dal canale al fiume canalizzato. Questo ci compare però assai più tardi in un disegno del Codice Atlantico (fig. 14) dove Leonardo rappresentò quello dell'accoppiamento della conca e della diga che è caratteristica dell'ultima via d'acqua ricordata (42). Ma neppure l'idea vinciana ebbe pronta attuazione. Per impedire allagamenti durante le piene, le dighe sono per lo più mobili e possono abbattersi nei periodi di acque alte, nei quali anche si fa talora a meno del passaggio attraverso le conche. Se il salto provocato dalla diga non viene utilizzato per produrre forza motrice si impiegano dighe di

struttura semplice anche se permeabili, come le dighe ad aghi: altrimenti si ricorre a dighe più costose e complesse di svariatissimo tipo. Da noi è prevista la canalizzazione del Tevere da Orte a valle, con una serie di grossi impianti idroelettrici. D'un carattere tutto speciale sono i fiumi canalizzati russi, con vere dighe di sbarramento che ne riducono il corso ad una serie di grandi laghi, ottenuti con sbarramenti alti anche 35 e più metri, e con le conche disposte a scala, cosa che è resa possibile soltanto dal correre il fiume in zone poco popolate e in steppe che si sommergono senza troppo grave danno per chilometri di larghezza intorno alle sponde.

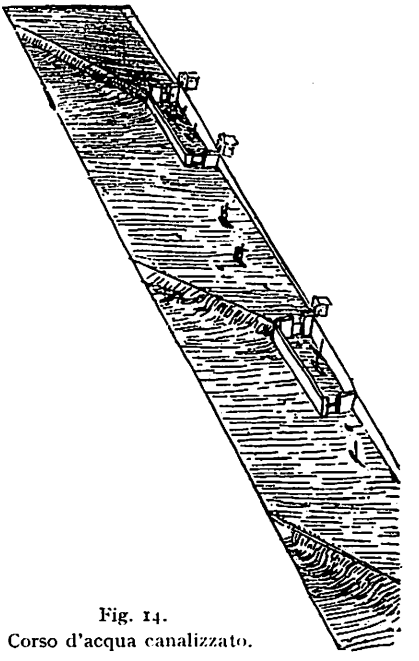

Fig. 14.
Corso d'acqua canalizzato.

***

Le merci vengono trasportate dalla navigazione interna con zattere e con barconi. Le prime si impiegano soprattutto quando il legname che le costituisce è l'oggetto principale del trasporto e vengono smontate alla fine del viaggio. Di tipo tutto particolare è poi la discesa a valle dei legnami del Cadore, che meriterebbe di essere descritta, ma che ci porterebbe troppo lontano. La vera navigazione comincia col barcone. Se escludiamo le coffe dell'Eufrate, battelli tondi, intrecciati con vimini e resi impermeabili col bitume, i barconi presentano la solita forma allungata, con poppa e prua. Furono dapprima scavati nei tronchi come mostra la barca monoxila trovata nel lago svizzero di Bienne, che risale all'età del Bronzo e ha una strana rassomiglianza con i moderni barconi.

Di struttura meno primitiva sono le antiche barche egiziane, molto rilevate ai due estremi, con una forma che si incontra anche assai più tardi riprodotta nei graffiti e negli affreschi delle catacombe. La nave, che può essere simbolo della vita terrena o invece della Chiesa che accoglie e protegge i fedeli dalle tempeste del mondo, ci appare, ed è naturale, per lo più una nave atta a solcare il mare. E navi adatte al fiume ed al mare sono quelle dei Vichingi: così come ispirati alla tecnica navale dovranno essere i natanti che i Russi sperano di varare nel grande Volga con stazza fino a 20.000 tonnellate e destinati a navigare in specchi d'acqua dove le onde possono raggiungere i due metri d'altezza.

I nostri barconi s'usano distinguere in *barche di buon carico*, con forma pressochè parallelepipeda e *barche di buon cammino*, assai più snelle. Se ne distinguono tre ordini, a seconda del tonnellaggio: 600, 300, 100 tonnellate. Maggiori dimensioni hanno le barche francesi e quelle tedesche. Per lunghi secoli, fino allo inizio dell'evo moderno, non s'era andati molto più in là delle 50 tonn., poi tra il 1500 e il 1800 s'erano faticosamente raggiunte le 150 tonnellate per barca: rapido fu lo sviluppo nell'Ottocento; sul Reno, ad esempio, si passò dalle 250 tonn. (1840) alle 500 (1880), alle 1000 (1900) e dopo aver toccato il massimo di 1800 tonn. nel 1913 si ritornò di regola alle 1200-1350 tonn. Da noi accanto a pochissimi barconi da 600 tonnellate prevalgono le barche da 100-150 tonn.; sono già rare quelle di portata oltre le 200 tonn. (43).

I barconi sono tra i veicoli meglio utilizzabili; nei grossi natanti da fiume il peso proprio è spesso minore di 300 kg. per tonnellata utile: in quelli da canale, meno fortunati, può salire a 400: ma si è sempre molto al di sotto dei 600 kg. del trasporto automobile, degli 830 del trasporto ferroviario, dei 4000 circa di quello aereo, sempre riferiti alla tonnellata utile.

La resistenza che i battelli offrono al movimento è molto piccola e dipende dalla velocità, dalla forma del natante, dalla profondità dell'acqua sotto la chiglia, dalle dimensioni del canale. Le leggi che regolano queste dipendenze sono complesse

e alquanto incerte: nei calcoli ci si accontenta per lo più di formule empiriche. Le piccole forze messe in gioco, le velocità ridotte rendono abbastanza facile lo sperimentare al vero e così si fece in molti casi, ma trattandosi di prove costose e lunghe ci si limita spesso a prove su modelli alla vasca. È na-

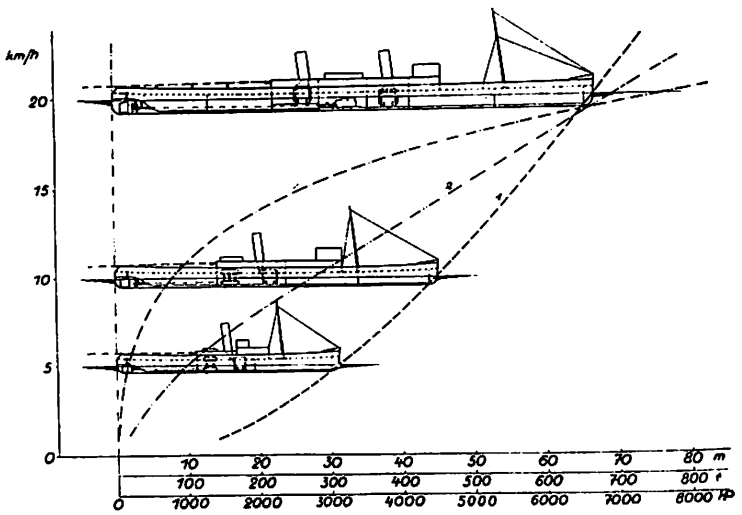


Fig. 15. — Rimorchiatori fluviali.

turale che nella interpretazione dei risultati sussisteranno tutte quelle difficoltà che accompagnano il passaggio dal piccolo modello alle dimensioni reali. Quale influenza abbia la velocità mostra la figura 15 dove sono indicate le dimensioni (curva 1), il peso (2) e la potenza (3) d'un rimorchiatore per 6 barconi fluviali da 1000 tonn. utili rispettivamente per le velocità di 5, 10 e 20 km/h (44).

La navigazione interna utilizza ogni forza motrice: la gravità per i natanti che seguono la corrente dei fiumi, la pressione del vento nei laghi e in qualche grande fiume, la trazione a mezzo di uomini o di animali, trattrici meccaniche, per lo più elettriche, sulle vie alzaie, il rimorchio con appositi battelli, il tonneggio; raro è il caso di natanti automotori all'infuori della navigazione sui laghi o sulle massime correnti fluviali. Scom-

parsi si possono dire come mezzi ordinari di propulsione la pertica ferrata e il remo.

Per battelli fino a 100 ed eccezionalmente fino a 150 tonnellate è ancora frequente l'alaggio a collo d'uomo (45); le velocità sono limitatissime da 1,5 a 2 km. all'ora; il percorso giornaliero di soli 10 a 15 km.

Qualche scena di alaggio ci conservarono bassorilievi romani: tra i più belli è quello che adorna il basamento di una statua del Tevere, trovata a Roma al principio del Cinquecento, che oggi è al Museo del Louvre. Tre uomini in tunica corta trascinano contro la corrente una barca carica d'un grosso blocco di marmo. Il pilota manovra il timone e, gestendo, apostrofa gli alzai o forse intona e scande il *celeuma*, il coro col quale i trascinatori accompagnano la dura fatica. Alla scena nessun commento meglio si addice dei versi di Sidonio Apollinare che ricorda il coro dei curvi alzai levanti a Cristo il *celeuma* fluviale mentre passano sulla via alzaia avanti la chiesa eretta a Lione dal vescovo Paziente presso la Saona:

> Him agger sonat, hinc Arar resultat
> . . . . . .
> Curvorum hinc chorus helciariorum
> Responsantibus alleluia ripis
> Ad Christum levat amnicum celeuma (46).

Versi nei quali c'è il ricordo d'un altro coro e d'un altro vociare di alzai lungo il Tevere, quelli che non rompevano il sonno di Marziale nella pace della sua casa ai piedi del Gianicolo.

> ... Flaminiae Salariaeque
> Gestator patet essedo tacente
> Ne blando rota sit molesta somno
> Quem nec rumpere nauticum celeuma
> Nec clamor valer helciariorum
> Cum sit tam prope Mulvius
> Lapsaeque per Tiberim volent carinae (47).

Le funi posate sulle spalle come facevano i romani permettevano bassi valori dello sforzo di trazione; meglio adatte al traino erano le bandoliere che qualche antica incisione cinese mostra

colà impiegate. Marco Polo aveva osservato nel suo *Milione*: «le navi che rimontano il fiume (lo Yang-tze) a ciò possano superare la forza della corrente, vengono tirate col mezzo di corde formate di canne lunghe 15 piedi ciascuna, legate l'una all'estremità dell'altra, lunghe quanto vogliano, anche 300 piedi». Le cose erano rimaste immutate quando nei primi decenni del nostro secolo un Ministro d'Italia in Cina, Daniele Varè, rivedeva le funi di bambù «con le bandoliere entro le quali gli uomini infilano la spalla in modo da poter gettare il peso del corpo. Lo spettacolo di quelle file di uomini curvi fino a toccar terra con le dita (spesso si aiutano con le mani) fa una impressione penosa. Gli alzai sono delle bestie da soma». Uno spettacolo identico ispirava ad Ilja Jefimovic Repin il bel quadro degli alzai del Volga, i *burlaki*. La miseria del *burlatscho*, assai più che nelle tirate dei politicanti preottobristi o nelle commosse pagine di Dmitir Narkisovic Mamin Sibirjak, ci è posta sott'occhio dal grande colorista russo: la torma lacera costretta ad uno sforzo abbrutente diuturno è commovente immagine di quella disgraziata «*Untermenscheit*» che la generosa illusione di Alessandro II credette emancipare dalla servitù della gleba e cacciò in una torbida indigenza preparandola ad un più duro e disperato servaggio.

Una velocità un po' più grande si ha dai cavalli, preferiti in questo traino ai buoi: si impiegano due cavalli di punta e si possono trainare allora barconi da 200 tonn. con velocità di 2,5 a 3 tonn./km. col percorso giornaliero di 15-25 km.

Notevolmente superiore è l'alaggio elettrico.

Nei fiumi è preferito il rimorchio ma anche qui la velocità non può salire molto senza obbligare a sforzi troppo notevoli ed a dimensioni eccessive del rimorchiatore. Al di sopra dei 10-12 km. il trasporto diviene antieconomico. Lo stesso può dirsi dei battelli muniti di motore, oggi non frequenti nei trasporti di merci, per quanto proprio nei battelli fluviali la navigazione a vapore abbia avuto le prime applicazioni.

Il tonneggio nel quale i natanti si attaccano ad una fune senza fine che li trascina è pochissimo sviluppato e limitato spesso ai soli tratti di galleria.

Talora più barconi si uniscono a formare un solo convoglio, per quanto si affermi che non conviene quasi mai andare al di là di due a tre natanti trainanti perchè le resistenze opposte al moto crescono più rapidamente del numero dei barconi; sul Reno sono spesso rimorchiati fino a 6 battelli in un solo convoglio.

***

La natura ha molto diversamente favorito le varie nazioni nei riguardi della navigazione interna: felicissime sono le condizioni della Russia Europea e della Germania, ove si astragga

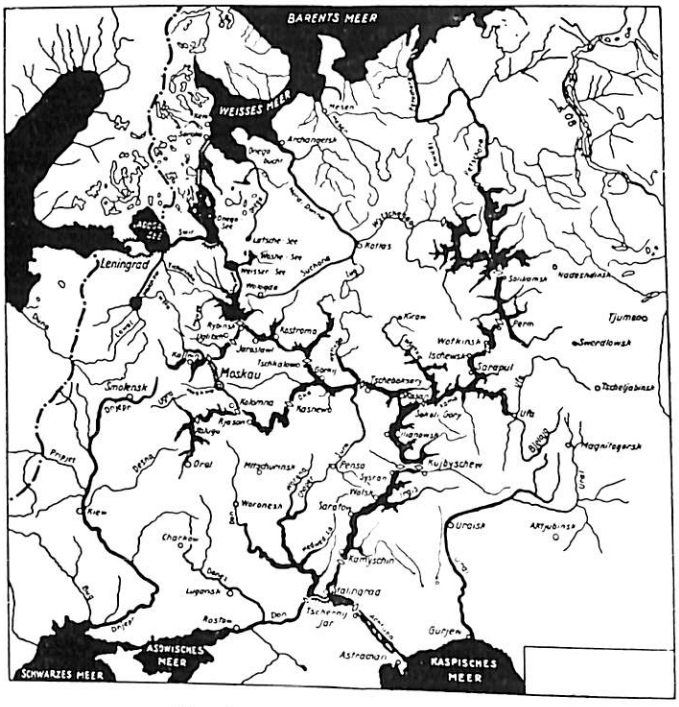


Fig. 16 — La rete navigabile russa.

dall'ostacolo dei ghiacci: disgraziate quelle di quasi tutti i paesi che si affacciano al Mediterraneo: ma questi, nelle regioni peninsulari, hanno per compenso il mare.

In Russia i fiumi calmi, regolari, corrono per enormi lunghezze con grandi masse d'acqua e con piccole pendenze: i più

importanti d'essi nascono poco distante l'un dall'altro, separati da spartiacque poco pronunciati, pianeggianti e spesso paludosi. È facile e poco costoso collegarne con vie d'acqua i vari bacini e quindi anche i 5 mari Baltico, Bianco, Nero, d'Azov e Caspio. Già Pietro il Grande aveva provveduto a qualcuno di questi collegamenti: principale opera sua era stato il sistema, detto di Maria dal nome dell'imperatrice, nella zona tra il Baltico, i laghi e il Nord. Come in altri casi l'opera imperiale fu ripresa dalla Repubblica dei Sovieti, con una grandiosità spettacolosa di programma e senza alcun riguardo agli interessi delle popolazioni. Con una serie di dighe di sbarramento, non molto alte (esse di regola si limitano a circa 35 m.) si sono formati laghi artificiali, il cui volume si misura a km³, la cui superficie è molto più grande di quella dei nostri maggiori laghi. Il lago di Rybinsk, al nord di Mosca, ottenuto sbarrando Mologa e Scheksna, cuba 24,8 km³ ed ha una superficie di 4750 km², più di 15 volte quella del Garda. I lavori iniziati nel 1935 avrebbero dovuto aver termine nel 1942: 150.000 uomini vennero deportati dalle zone che dovevano essere sommerse, 700 villaggi e l'antica cittadina di Mologa posta sotto acqua, tre altre città protette da argini (48). Quest'impianto si riallaccia alla sistemazione del Volga. Scale di conche

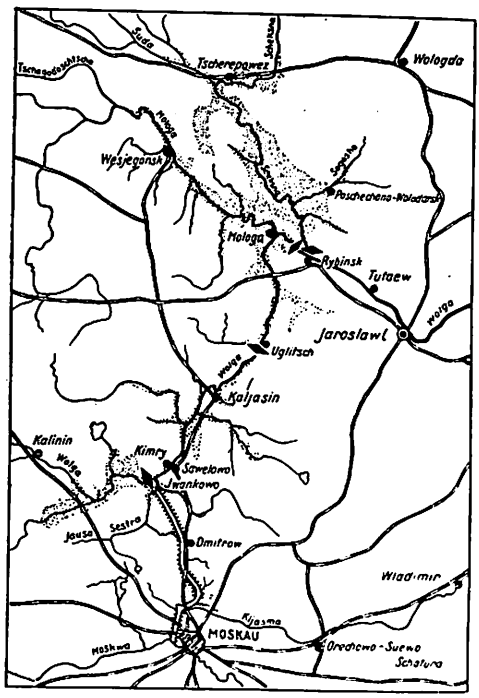


Fig. 17. — Il lago artificiale di Rybinsk.

permettono di superare i vari salti: grandi impianti idroelettrici ne sfruttano l'energia. Quello di Samara è capace di produrre annualmente 14 miliardi e mezzo di Kw/h, quello di Kamyscin quasi 13,5. Coi suoi affluenti il Volga avrebbe dato 60 miliardi di Kw/h, cioè più dell'energia di tutti gli impianti idroelettrici

Fig. 18. — La rete naturale tedesca e i suoi collegamenti col Danubio.

italiani. Attraverso le conche, che hanno un salto basso — circa m. 3,50 — sarebbero passate le grossissime e robuste navi. Del progetto concepito con tanta superba presunzione e delle opere iniziate con il concorso di tecnici italiani, tedeschi e francesi che cosa rimarrà? Seguiranno quelle tra le opere del grande Volga, che hanno già raggiunto lo sviluppo previsto dai piani quinquennali, la sorte del grande Dnjepei, che l'orgia di distruzione dell'orda rossa ha di recente abbattuto?

Di fronte al sistema, che potremmo dire centrale della rete russa, sta quello a linee parallele della Germania. Al principio del nostro secolo l'ingegnere francese Aron, osservava che si direbbe che un genio benefico, un ingegnere di altissimo valore,

abbia presieduto alla distribuzione dei fiumi tedeschi: grandi correnti: il Reno, il Weser, l'Elba, la Vistola, il Memel la percorrono in direzione dal sud al nord; quasi tutti hanno carbone e miniere nelle alte valli e fertili zone coltivate nella pianura: le economie complementari delle regioni estreme e l'industria del corso intermedio alimentano forti correnti di scambio. Canali di notevoli dimensioni li collegano al Danubio, ormai non più fiume balcanico ma fiume europeo e, nella grande pianura, un canale importantissimo, il Mittellandkanal fornisce un nuovo collegamento dei vari bacini (49) (fig. 18).

L'Italia non offre all'idrovia grandi possibilità: valli che rapidamente scendono al mare con forti pendenze, separate da alte catene montuose che si oppongono ad un facile collegamento dei vari bacini, piccole masse d'acqua riducono a ben poca cosa le vie ora attive. Tuttavia molto può e deve esser fatto. Il traffico per via d'acqua, ch'ebbe anche un declino tra il 1935 e il 1937, non giunge ai 5 milioni di tonnellate e per il 90% si svolge nella valle Padana (50). È naturale, che pur tenendo presenti le necessità delle altre regioni — e lo dimostra il recentissimo progetto di sistemazione del Tevere — le cure del nostro Governo si rivolgano con particolare attenzione alla rete navigabile della valle Padana, utilizzando la corrente libera dove è possibile, ricorrendo altrove al canale, e facendo partecipare così l'Italia a quella rinascita della navigazione interna che è oggi universale.

La sistemazione è in corso di attuazione, per quanto riguarda il basso corso del Po a valle di Cremona; è in progetto per la restante pianura lombarda e piemontese. Il canale della valle Padana raggiungerà il lago Maggiore e al canale laterale lungo il Ticino verrà a congiungersi un canale che viene da Torino. La Svizzera italiana sarà così collegata col mare Adriatico.

Ma le vie di comunicazione rifuggono dall'isolamento: già si pensa ad un collegamento del Po col Danubio, come attraverso i laghi di Bienne e di Neuchâtel è prevista l'unione dei bacini del Rodano e del Danubio e risorge l'antica idea di To-

rino legata anche al Tirreno. Si entra qui nel delicato campo della discussione e della polemica; l'eco di esse non deve giungere a questo sereno ambiente dedicato alla Scienza.

***

Anche contenuta in quello che è il programma dell'immediato dopoguerra per quelle opere che dovranno facilitare il passaggio dall'economia bellica a quella normale, la massa dei lavori è d'una grande imponenza.

Pensare ad opere così grandiose mentre la distruzione e la lotta infuriano è bello e salutare pensiero, non vano sogno di illusi, ma atto di fede negli alti destini della nostra Italia! Che importa se la meta è lontana ed aspra la via e duro il sacrificio? Non monito, ma auspicio suonano a noi le parole che, nel cielo dei Teologi, la benedetta fiamma dell'Aquinate rivolse al divino poeta,

> ch'io ho veduto tutto il verno prima
> il prun mostrarsi rigido e feroce
> poscia portar la rosa in sulla cima (51).

---

## NOTE BIBLIOGRAFICHE

Il più recente trattato, alquanto esteso, sulla navigazione interna è quello edito nel 1932 a Berlino, *Die Binnenschiffahrt* di OSKAR TEUBERT curato da WILHELM e WERNER TEUBERT, che riassunsero in un solo volume i due della prima edizione del 1912. Di qualche anno prima è il grosso volume di O. FRANZIUS, *Der Verkehrswasserbau* (Berlino, Springer 1927): la ricca bibliografia ch'esso contiene rende superfluo citare altre opere tedesche o d'altra lingua. In Germania è dedicata ai problemi della navigazione interna la *Zeitschrift für Binnenschiffahrt*. Buoni, per quanto di mole assai ridotta, sono il volume di ANNIBALE PALLUCCHINI, *La tecnica della navigazione interna* (Milano, Hoepli) che risale al 1915 e quello che raccoglie le lezioni di GUIDO FERRO sulla *Navigazione interna* (Padova, Cedam, 1928).

(1) Le idee diffuse nel ceto tecnico in quell'epoca appaiono fin dal titolo della nota del TAJANI, *Navigazione interna e ferrovie. La costosa*

*illusione della navigazione fluviale in Italia*, pubblicata nella « Rivista delle Comunicazioni ferroviarie », 1925, n. 1 e 4. Quel che pensavano i fautori della navigazione interna possiamo leggere nella nota di BERETTA, *La navigazione interna nella moderna economia dei trasporti* in « Giornale del Genio Civile » 1923, p. 246. Tra la ricchissima bibliografia sul problema economico della navigazione interna basti citare: GIUSEPPE COBOLLI GIGLI (allora ministro dei LL. PP.), *La ripresa della navigazione interna* in « Annali dei Lavori Pubblici » 1939, p. 1 e per l'aspetto autarchico della questione la chiara nota di GUIDO LAMBERTINI, *Le linee navigabili Locarno-Milano-Po-Venezia sotto l'aspetto autarchico*, Milano, 1940.

(2) FRANCIS EGERTON, 3° ed ultimo duca di BRIDGEWATER (1736-1803). SAMUELE SMILES, nelle *Lives of the Engineers*, parlando dell'ing. JAMES BRINDLEY si sofferma alquanto su questo mecenate ed industriale, che fece costruire il canale detto appunto di Bridgewater da Manchester alla Mersey, e narra che il duca, negli ultimi anni della sua vita aveva visto sorgere, con una certa apprensione, i binari stradali ed aveva detto a Lord Kenyon « *We man do very well if we can keep clear of the tram-roads* ».

(3) Questi e i dati numerici precedenti sono ricavati dalle tabelle 18 e 19 (pag. 78 e 79) del volume di CARLO PIRATH, *Die Grundlagen der Verkehrswirtschaft* (Berlino, 1934) e sono relativi all'anno 1930.

(4) AGOSTINO MARTINELLI, *Descrittione di diversi ponti esistenti sopra li fiumi Nera e Tevere con un discorso particolare della Navigatione da Perugia a Roma*. Roma, Tinassi, MDCLXXVI. L'autore si preoccupa soprattutto del trasbordo dei vini.

(5) Dal citato volume del Pirath (tabella 49) estraggo queste cifre delle velocità in km/h.

| Anno | 1840 | 1860 | 1880 | 1900 | 1910 | 1920 | 1930 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Navi (mare) . . . . . | 16 | 24 | 34 | 42 | 46 | 47 | 50 |
| Barconi in canali . . . | 3 | 3 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Battelli risalenti il Reno | 8 | 10 | 13 | 16 | 16 | 18 | 18 |
| Carro . . . . . | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Autocarro . . . . . | — | — | — | 50 | 70 | 85 | 100 |
| Ferrovia . . . . . | 50 | 65 | 80 | 95 | 100 | 105 | 110 |

(6) Nelle nazioni dove vi ha intenso traffico fluviale e sui canali i costo dei trasporti per via d'acqua è da metà ad un terzo di quello per ferrovia: sul *grande Volga*, a canalizzazione avvenuta, si calcola su di un costo eguale ad $^1/_4 \div ^1/_6$ di quello ferroviario. Su questo elemento possono influire molto la politica tariffaria e circostanze economiche sulle quali disposizioni legislative possono esercitare azione decisiva. Oggi si calcola in Italia per la valle Padana un costo oscillante intorno a 7 centesimi

per tonn.-km. (si confronti lo studio dell'ing. Lambertini, ricordato qui sopra). Il visconte Giorgio d'Avenel, acuto indagatore della storia dei prezzi, alla quale dedicò tutta la vita raccogliendo una massa enorme di dati, trovò nel medioevo tariffe variabili fra 6 e 60 centesimi-oro per tonn.-km., con valori più spesso compresi tra 14 e 30 centesimi. Prima della guerra del 1914 il prezzo del trasporto per via d'acqua era un po' inferiore al centesimo-oro per tonn.-km. (V. GEORGE D'AVENEL, *Les transport des marchandises depuis sept siècles* in « Revue des Deux Mondes », 1° settembre 1918, pag. 173.

(7) Cfr. PIRATH, *op. cit.*, pag. 6.

(8) La figura 2 rappresenta una parte della tavola 75 dell'opera QUIBELL-GREEN, *Hierakonpolis*.

(9) Nel libro X del suo *de Re aedificatoria* LEON BATTISTA ALBERTI afferma (pag. 157 v. dell'edizione del Cammerlander 1541): « *Convecto Romam obelisco intellexere Tyberim navigationibus commodiorem esse quam Nilum. Illum sane profusa patet laxitudine hunc alterum esse profunditatis altitudine potentius. Neque enim magis aquarum copia hunc ad usum quam altitudine indigemus.*

(10) Nel volume *Die chinesische Literatur* di RICHARD WILHELM sono tradotti dal *Shu-King* (Libro delle Storie) di Confucio alcuni brani che riguardano Yü: uno d'essi è una breve relazione poetica all'imperatore dei lavori fatti per portare i nove fiumi a sboccare nei quattro mari.

(11) H. LI, *Die Geschichte des Wasserbaues in China*, in « Beitrag zur Geschichte der Technik und Industrie », vol. 21, anno 1932.

(12) Si veda il bel discorso inaugurale dei lavori dell'Accademia di Vienna nel 1936; di FRIEDRICH SCHAFFERNAK, *Die Wasserbautechnik und ihre wissenschaftlichen Grundlagen*, Vienna, 1936.

(13) H. WITTMANN u. G. BÖSS, *Wasser und Geschiebebewegung in gekrummter Flussstrecken*. Berlin, Springer, 1938. Una accurata descrizione di analoghe esperienze relative al progetto del porto fluviale di Lione è contenuta nella nota *Le port Edouard Herriot sur la Rhône à Lyon* par M. DELATTRE et M. COUTEAUD nelle « Annales des Ponts et Chaussées », 1938, 1° settembre, pag. 487.

(14) Si confronti più particolarmente la parte redatta dal Böss nel volume ora citato.

(15) È il notissimo secondo Lied: *Ich weiss nicht was soll es bedeuten* — dell'*Heimkehr* di Enrico Heine.

(16) Ai lavori di questo tratto del Reno è dedicato il volume di UNGER, *Regulierung des Rheinstromes zwischen Bingen und St. Goar*, Berlin, 1898. Per la ricchissima bibliografia sulla sistemazione fluviale si possono consultare le opere indicate in principio di queste note. Ottima è pure l'opera di MARCO VISENTINI, *Le opere di sistemazione, correzione e difesa fluviale*, Firenze, 1932, che forma la seconda parte del V volume della *Biblioteca della Bonifica integrale*.

(17) È nel manoscritto E dell'Istituto di Francia al foglio 75 verso.

(18) BONAIUTO LORINI, *Delle fortificazioni*, Venezia, Rampazzotto, 1596.

(19) Sulle antiche draghe vedasi HEINZ CONRADIS, *Alte Baggermaschine* in « Technik Geschichte », 1937, vol. 26.

(20) Interessanti notizie sulla navigazione interna al tempo di Roma ci dà: A. LEGER, *Les travaux publics, les mines et la métallurgie aux temps des Romains*, Paris, 1865.

(21) Nella lettera ad Abundanzio, prefetto del pretorio (V. 16) è scritto: *Illud etiam magnopere credidimus amputandum, quod vestra fieri suggestione comperimus: ne quis navigeris diversis territoriis meantibus, id est in Mincio Ollio Ausere Arno Tiberi audeat fluminum alveo piscandi studio turpissima saepe concludere, et quae sunt praesumpta protinus auferantur.* Le stesse cose vengono scritte al saione Aliulfo.

(22) La navigazione della Gallia Romana è la meglio conosciuta grazie allo studio di L. BONNARD, *La navigation interieure de la Gaule à l'epoque gallo-romaine.*

(23) Qualche dato sul costo dei trasporti si può avere dalle deposizioni di alcuni navicellai in una causa per trasporti di merci da Pavia a Casale nel 1532. Uno di essi, Domenico Chiaramella, depone « *pro eundo et redeundo* » da Casale a Pavia « *illo tempore lucrabantur... qui scuta decem octo aliqui sedecim aliqui quindecim aliqui viginti duo et ipse testis cum aliis... sociis lucrati fuerunt scuta viginti quatuor* » atto del notaio Bernardino Pellizzoni del citato archivio, per ora presso il comune di Casale. Anche l'atto del 1493 citato più sopra (notaio Bartolomeo Pilato) contiene qualche dato di nolo, ma non è facile separarlo dal costo delle merci. Interessanti elementi e acute considerazioni sui prezzi di trasporto per acqua dà il visconte Giorgio d'Avenel nella nota sopra citata.

(24) Cfr. l'edizione in *Rerum Italicarum Scriptores*, tomo XI, parte I.

(25) Si veda la citata opera di LEGER.

(26) GIUSEPPE BRUSCHETTI, *Istoria dei progetti e delle opere per la navigazione interna del Milanese*, Milano, Bernardini, 1821.

(27) ELIA LOMBARDINI, *Dell'origine e del progresso della scienza idraulica in Lombardia e in altre parti d'Italia*, Milano, Saldini, 1872.

(28) GEROLAMO BISCARO, *Gli antichi navigli milanesi*, in « Archivio storico lombardo », 1908, pag. 285.

(29) L'opera vinciana in questo campo è ben riassunta da CARLO ZAMMATTIO nel volume *Leonardo da Vinci* edito dal De Agostini in occasione della Mostra Vinciana del 1939.

(30) Su questi dati si confrontino le tabelle a pag. 1132-3 dell'opera *Der Wasserbau* di ARMIN SHOKLITSCH, Berlino, 1930.

(31) G. ALBENGA, *Un precursore dell'organizzazione scientifica del Lavoro: Leonardo da Vinci.* « L'Ingegnere », 1922.

(32) *Codice atlantico*, p. 341 verso b; f. 7 v. b.

(33) *Histoire des peuples*, II, pag. 7. Parigi, Larousse.

(34) *Vita Philippi Maria tertii Ligurum ducis* in PETRI CANDIDI DECEMBRII *Opuscula historica Rerum Italicarum Scriptores*, XX, p. 1, p. 290.

(35) L'attribuzione delle prime conche a Filippino ed Aristotele è posta in dubbio da CARLO ZAMMATTIO, *Leonardo da Vinci e l'Idraulica del Rinascimento*, in « Annali dei Lavori Pubblici », 1939, p. 1025.

(36) Cfr. GAETANO CRUGNOLA, *Origine dei sistemi a conca e dei piani inclinati per superare i dislivelli nei canali navigabili*, in « L'ingegneria civile ed industriale », 1906, p. 17.

(37) GIULIO KRALL, *Problemi statici delle costruzioni marittime*, in « Memorie della R. Accademia d'Italia », 1932.

(38) B. GERDAU, *Das Schiffshebewerk bei Henrichenburg*, « Zentralblatt der Bauverwultung », 1895.

(39) Vedi il citato studio del Crugnola.

(40) A. F. ANDREOSSI, *Histoire du canal du Midi*, Parigi, 1800. — RIQUET DE BONREPOS, *Histoire du Canal de Languedoc*, Paris, 1805.

(41) A. BIRK, *Alois von Negrelli*.

(42) Codice Atlantico, Tav. 33 verso a.

(43) Cfr. il citato studio del Pirath.

(44) Vedi F. NEESEN, *Gestaltung und Wirtschaftlichkeit der Land-, Wasser- und Luftfahrzeuge*, Jena, 1940. La resistenza è molto diversa in un canale ed in uno specchio di estensione e di profondità illimitata: per le velocità intorno ai 5 km/h la resistenza per tonnellata lorda nel canale è di circa un kg. e si riduce a meno di $^1/_2$ kg. nello specchio illimitato: come confronto indicheremo la resistenza, sempre per tonn. lorda, di 4 kg. nei treni merci con velocità di 60 km/h, di 15 kg. per gli autocarri alla velocità di 40 km/h, di 150 kg. per i trasporti aerei a 150 km/h.

(45) Già nel nome è la tristezza della degradante fatica: e il nome è antico. Ausonio nella sua Mosella ricorda:

*Et cum per ripas nusquam cessante remulco*
*Intendunt collo malorum vincula nautae.*

(46) SIDONII APOLLINARIS, *Epistolarum* II, 10 (epistola ad Esperio).

(47) MARTIALIS, *Epigrammata* IV, 64.

(48) Un recentissimo studio sulle vie d'acqua della Russia europea — *Die Entwiklung der inneren Wasserstrassen der Sowjetunion* — venne pubblicato da H. SALLER in « Wasserkraft u. Wasserwirschaft » 15 aprile 1941.

(49) Per lo sviluppo delle vie d'acqua tedesche si veda, oltre alle opere citate in principio, OTTO BLUM, *Die Entwiklung des Verkehrs*, Berlin 1941.

(50) La rete di navigazione italiana consta ora di questi tronchi nell'Alta Italia:

| | | |
|---|---|---|
| Po e rami navigabili del delta . . . . . | km. | 558 |
| Canali di Lombardia . . . . . | » | 166 |
| Canali del Ferrarese . . . . . | » | 94 |
| Affluenti del Po . . . . . | » | 135 |
| Venezia al Po e rete del Polesine . . . . . | » | 278 |
| Adige . . . . . | » | 172 |
| Venezia-Este e Battaglia-Brondolo . . . . . | » | 150 |
| Litoranea veneta e diramazioni . . . . . | » | 440 |

in totale 1993 km. Vedi COBOLLI GIGLI, *op. cit.*

(51) *Paradiso* XIII, 133-5.

AMM. PROV. DI TORINO
№ 15655
BIBLIOTECA
115271